

THE

LIBRARY

OF THE

ASSOCIATION

OF THE



ALUMNI



OF THE

COLLEGE

OF

PHYSICIANS AND SURGEONS

IN THE

CITY OF NEW YORK

SCHOOL OF MEDICINE OF COLUMBIA UNIVERSITY



DIE

GEWEBE

DES

MENSCHLICHEN KÖRPERS

UND IHRE

MIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNG

VON

W. BEHRENS, A. KOSSEL

UND

P. SCHIEFFERDECKER

ZWEITER BAND:

Gewebelehre mit besonderer Berücksichtigung
des menschlichen Körpers

Erste Abtheilung

BRAUNSCHWEIG

HARALD BRUHN

Verlagsbuchhandlung für Naturwissenschaft und Medicin

1891

GEWEBELEHRE

MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG

DES

MENSCHLICHEN KÖRPERS

VON

P. SCHIEFFERDECKER UND **A. KOSSEL**

ERSTE ABTHEILUNG

MIT 214 TEXT-ABBILDUNGEN

BRAUNSCHWEIG
HARALD BRUHN
Verlagsbuchhandlung für Naturwissenschaft und Medicin
1891

Druck von Fischer & Wittig in Leipzig.

Holzschnitte von Albert Probst in Braunschweig.

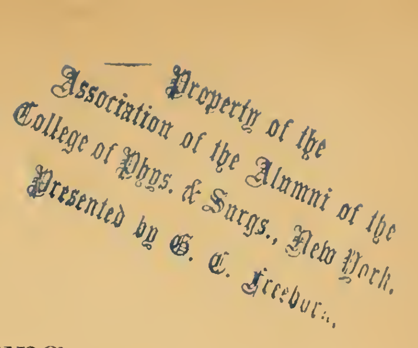
Inhaltsverzeichniss.

Viertes Capitel. Morphologie des Muskelgewebes; Bau der Muskeln. Von P. Schiefferdecker . . 104

Seite

Sechstes Capitel. Morphologie des Nervengewebes. Von P. Schiefferdecker 172

Zehntes Capitel. Morphologie des Blutes, der Lymphe und des Chylus. Von P. Schiefferdecker . . . 356



Einleitung.

Das geformte Grundelement eines organisirten, lebenden Wesens ist ein lebendes Gebilde, welches man „Zelle“ nennt. Dasselbe muss als ein lebendiges Individuum aufgefasst werden, welches entweder befähigt ist, allein zu leben und in diesem Falle ein einzelliges Wesen darstellt, oder mit anderen ähnlichen Gebilden in engster Lebensgemeinschaft verbunden ist, und so ein mehrzelliges Wesen bildet. Wie der allein lebende Mensch gezwungen ist, sich eine grössere Anzahl von Fertigkeiten anzueignen, um seinen verschiedenartigen Bedürfnissen zu genügen, während in einer Gemeinschaft von Menschen diese sich, je nach ihren Fähigkeiten, einzelne specielle Fertigkeiten erwerben: „Arbeitstheilung“, so muss auch das einzellige Wesen sehr verschiedener Leistungen fähig sein, während bei einem mehrzelligen dieselben auf verschiedene Zellen vertheilt werden. Wie bei jeder Arbeitstheilung wird auch hier die einzelne Leistung vollkommener und intensiver, das Individuum einseitiger. Gerade wie in den menschlichen Verhältnissen, bedeutet die Arbeitstheilung einen Fortschritt. Die höchststehenden Lebewesen bestehen daher alle aus einer sehr grossen Anzahl von Zellen, bei denen die Arbeitstheilung eine so streng durchgeführte ist, dass keine Zelle die Thätigkeit einer andersartigen zu übernehmen vermag. Alle solche ein Lebewesen bildenden Zellen stammen von einer einzigen Zelle, der befruchteten Eizelle, ab, welche ein männliches und ein weibliches Element in sich enthält. Alle jene Zellen bilden demgemäss eine grosse Familie von bestimmtem Familiencharakter, welcher uns als die bestimmte Eigenthümlichkeit jenes grossen Lebewesens erscheint, das unseren Sinnesorganen gegenüber zunächst ein Individuum darstellt und doch nichts weiter ist als eine Zellenfamilie von so grosser Ausdehnung, dass man sie als Zellenstaat bezeichnen muss. Bei der oft in das Ungeheure, nicht mehr Vorstellbare, gehenden Menge von Zellindividuen in einem solchen Lebewesen werden die einzelnen Arbeiten von

grösseren Gruppen derselben ausgeführt werden, und diese bilden dann die Gewebe und Organe. Zwischen diesen beiden besteht kein principieller Unterschied. Unter einem einfachen Gewebe versteht man im allgemeinen die hauptsächlich für die betreffende Gruppe charakteristischen Formelemente, also für ein Epithel die Epithelzellen, für das Muskelgewebe die glatten und die quergestreiften Muskelfasern, während bei einem Organe verschiedene derartige Gewebselemente zu einem complicirteren Ganzen vereinigt sind. Das letztere würde also eine höhere Einheit darstellen, und dem einfachen als zusammengesetztes Gewebe gegenübergestellt werden können. Aus diesem Grunde kann der Name „Histiologie" = „Gewebelehre" sowohl für die Beschreibung der sogenannten einfachen Gewebe gebraucht werden, wie für die der Organe, wenngleich bisher vielfach ein Unterschied in der Weise gemacht wurde, dass die „Gewebelehre" sich nur auf die einfachen Gewebe bezog, während die „mikroskopische Anatomie" die Organe umfasste. Ich werde das Wort „Gewebelehre" in dem weiteren Sinne gebrauchen.

Ist nun auch die Zelle der Elementorganismus, so finden sich doch im erwachsenen Körper noch andere geformte und nicht geformte Elemente, welche aber in ihrer Entstehung sämmtlich auf jene zurückzuführen sind. Es sind dieses die „Intercellularsubstanzen", so genannt, weil sie zwischen den Zellen sich befinden. Treten dieselben als grössere ungeformte Massen auf, so bezeichnet man sie auch als „Grundsubstanzen", in denen die Zellen dann eingebettet erscheinen. Wo Formgebilde vorhanden sind (meist Fasern), liegen dieselben ebenfalls in der noch übrigen ungeformten Grundsubstanz.

Ein Gewebe durchzieht die sämmtlichen Organe des Körpers, das Bindegewebe, welches als Stütz-, Ausfüllungs- und Ernährungsmaterial überall verwendet wird und mit dem zusammen daher auch die Aeste zweier Hohlraum-Systeme überall hin vordringen: des Blutgefäss- und des Lymphgefässsystems, welche zur Zufuhr des nothwendigen und zur Rückleitung des überflüssigen Ernährungsmaterials sowie mancher Stoffwechselproducte dienen. Als ein Telegraphensystem, welches alle Theile des Körpers mit bestimmten Knotenpunkten, den „Centralorganen", in Verbindung setzt, dient endlich das Nervensystem, dessen letzte Ausläufer als zahllose, sehr feine Fasern in theils schon bekannter, theils noch durchaus dunkler Weise endigen.

Die sämmtlichen übrigen Gewebe und Organe dienen bestimmten mehr localisirten Functionen, welche indessen selbstverständlich dem ganzen Körper zu gute kommen.

Bei vergleichend histologischen Untersuchungen möge man nicht ausser Acht lassen, dass jede Zelle, jeder Elementartheil mit allen übrigen desselben Körpers solidarisch ist, dass daher auch jede Aenderung der Form oder chemischen Beschaffenheit der Elemente eines Organs nur dadurch möglich geworden ist, dass sämmtliche übrige auch anders geworden sind. So werden die Zellen zweier Individuen derselben Art immer verschieden sein, noch mehr die von Individuen verschiedener Arten, Gattungen, Classen. Hierbei muss indessen wohl in Rücksicht gezogen werden, dass einzelne Organe in folge besonderer functioneller Anpassung weit grössere Veränderungen zeigen können als andere, so dass der Grad der Umänderung durchaus nicht bei allen Theilen derselbe zu sein braucht.

Es wird nun unsere Aufgabe sein, in den folgenden Capiteln die Gewebe zu beschreiben, wie sie in dem Körper des Menschen gefunden werden. Wir werden aber gezwungen sein, bei dieser Beschreibung vielfach auf die Zellen der Pflanzen und Thiere zurückzugreifen, da es unmöglich ist, alle in Betracht kommenden Verhältnisse an den menschlichen Geweben zu studiren und demgemäss zu beschreiben. Es liegt dieses daran, dass einmal die Grösse und sonstige Beschaffenheit der Objecte bei gewissen Thieren und Pflanzen der Erforschung günstiger sind als bei den entsprechenden Elementen des Menschen, und dann daran, dass wir uns die Gewebe jener Organismen weit leichter jeden Augenblick in frischem Zustande verschaffen können als die des Menschen. Es ist uns daher viel eher möglich, jene in frischem Zustande zu untersuchen, sie auf die richtige Weise abzutödten, kurz sie in jene Verfassung zu versetzen, die von uns als die geeignetste zum Studium von Form, Structur etc. durch die Erfahrung erkannt worden ist.

ERSTES CAPITEL.

Morphologie der Zelle.

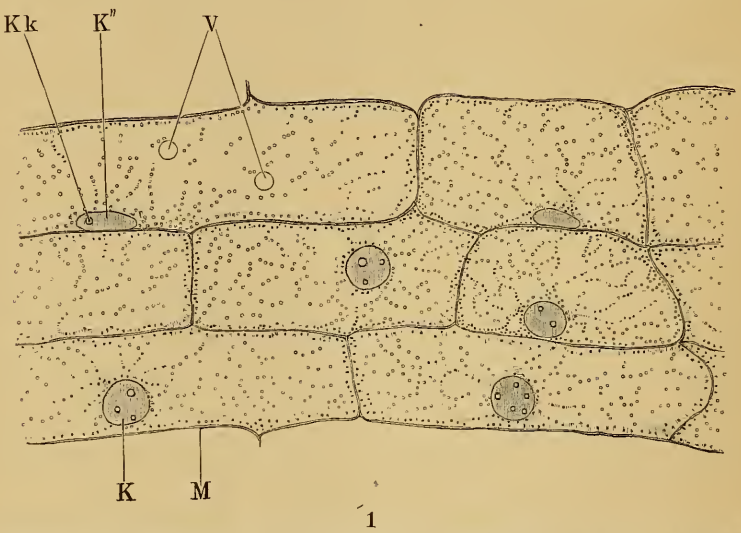
Allgemeines und Historisches.

„Zelle“ (Cellula) nennt man den lebenden Elementarorganismus des Körpers. Das Wort an sich bezeichnet ein Gebilde, welches dadurch entstanden ist, dass ein beliebig geformter Theil des Raumes durch eine Wand von dem übrigen abgetrennt ist. Der Grund dafür, dass man dieses Wort überhaupt als Bezeichnung für den vorliegenden Gegenstand angewandt hat, ist der, dass man zuerst die ausgebildeten Pflanzenzellen kennen lernte, da dieselben grösser und leichter sichtbar zu machen sind als die jungen Zellen der Pflanzen und als die thierischen. Th. Schwann, welcher im Jahre 1838 und 1839 zuerst feststellte, dass auch der thierische Körper aus derartigen Elementartheilen sich aufbaue, übertrug die von den Botanikern (unter denen namentlich Schleiden zu erwähnen ist) an Pflanzen gewonnene Anschauung von der Beschaffenheit derselben auch auf jenen. Die Zelle war danach ein kleines, von einer Membran, der Zellmembran, umgebenes Bläschen, welches einen mehr oder weniger hellen, flüssigen Inhalt besass, den Zellinhalt, in diesem eingelagert ein etwa kugeliges, ebenfalls bläschenförmiges Gebilde, den Zellkern (Nucleus), und in diesem eventuell noch ein kleineres kugelförmiges Gebilde, das Kernkörperchen (Nucleolus). In derselben Weise beschrieb auch Henle 1841 in seiner „Allgemeinen Anatomie“ die Zelle. Ebenso Kölliker in seinem „Handbuch der Gewebelehre“ 1852. Spätere Forschungen machten es indessen immer wahrscheinlicher, dass die wesentlichen Bestandtheile der Zelle nur die Substanz des Zellleibes (der

Inhalt des Bläschens) und der Kern seien. So sagt 1857 LEYDIG (Lehrbuch der Histiologie p. 9): „Zum morphologischen Begriff einer Zelle gehört eine mehr oder minder weiche Substanz, ursprünglich der Kugelgestalt sich nähernd, die einen centralen Körper einschliesst, welcher Kern (Nucleus) heisst. Die Zellsubstanz erhärtet häufig zu einer mehr oder weniger selbständigen Grenzschicht oder Membran und alsdann gliedert sich die Zelle nach den Bezeichnungen der Schule in Membran, Inhalt und Kern". Vier Jahre später sprach sich MAX SCHULTZE (15. 1861) in ähnlicher Weise aus, indem er sagte (p. 11 l. c.): „Eine Zelle ist ein Klümpchen Protoplasma, in dessen Innerem ein Kern liegt". Das Protoplasma ist nach ihm (p. 16 l. c.): „Eine contractile Substanz, welche nicht mehr in Zellen zerlegt werden kann, auch andere contractile Formelemente, als Fasern u. dergl. nicht mehr enthält". Dieses Protoplasma war vorzugsweise der Träger des in sich abgeschlossenen Lebens, welches die Zelle führte, wenngleich auch dem Kern jedenfalls eine bedeutende, jedoch nicht näher zu bezeichnende Rolle zufiel. M. SCHULTZE setzte dieses Protoplasma an die Stelle der Sarkode DUJARDIN's auch bei den Protozoën. Das Wort „Protoplasma" rührt von dem Botaniker HUGO V. MOHL her. Diese mit allen Lebenseigenschaften der Zelle ausgerüstete Substanz erschien dem Auge als eine homogene Masse, in welche eine verschieden grosse Menge von Körnchen eingelagert war. HAECKEL zeigte später, dass auch kernlose Lebewesen existirten, welche er „Cytoden" nannte. Es ging daraus hervor, dass das Protoplasma auch ohne Kern die zum Leben nöthige Thätigkeit entfalten konnte. Hat sich nun auch in Folge der genaueren Untersuchungsmethoden der neueren Zeit die Zahl der kernlosen Lebewesen mehr und mehr verringert, so dass es vielleicht sogar zweifelhaft erscheinen könnte, ob es solche giebt, so ist doch unsere Anschauung von der Bedeutung des Protoplasmas im Wesentlichen dieselbe geblieben (s. unten: Die Bedeutung des Kerns für die Zelle etc.).

Die Zelle besteht somit aus Zellleib und Zellkern. Der letztere kann in der Einzahl, Zweizahl oder einer beliebigen Mehrzahl vorhanden sein (vielkernige Zellen). Die Substanz des ersteren wird als Protoplasma oder Cytoplasma (*τὸ κύτος* = Haut, Hülle, aber auch bläschenförmiger Körper) bezeichnet; letzteres Wort drückt besonders den Gegensatz zu der Substanz des Kerns, dem Karyoplasma (*κάρυον* = Kern) aus. Die Zellmembram ist eine locale Anpassungserscheinung. Figur 1 möge ein Beispiel für die

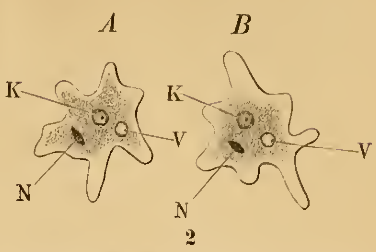
Pflanzenzellen mit Membran sein, und zugleich zeigen, wie sich aus den einzelnen Elementen das Gewebe aufbaut. Die Zellmembranen legen sich aneinander, sie umschliessen das körnig aussehende Protoplasma des Zellleibes, und in diesem befindet sich, meist excentrisch gelegen, der mehr kugelförmige oder mehr ovale Kern (*K. K.*), der auch wieder gekörnt erscheint, und im Inneren ein oder mehrere grössere Körnchen oder Bläschen, die Kernkörperchen (*Kk*) erkennen lässt. Man bemerkt leicht, dass das Protoplasma mehr oder weniger deutliche Streifen zeigt, in welchen die Körnchen in Reihen liegen.



Pflanzenzellen mit Membran im Zusammenhange. Zwiebelhäutchen, frisch. Vergr. 240. K = Kern von der Fläche, K'' = Kern von der Seite gesehen; Kk = Kernkörperchen; M = Zellmembran; V = Vacuole.

Die Substanz zwischen den Körnchen ist oft so hell, dass sie sich dem Auge entzieht. Eine dichtere Schicht liegt der Zellmembran an. Sehr häufig bewegt sich das Protoplasma in Pflanzenzellen (Protoplasmaströmung), eine Bewegung, die man an der Verschiebung der Körnchen erkennt. In der ganz hellen körnchenfreien Grundsubstanz des Zellleibes treten mitunter, namentlich auch beim Absterben des Präparats, kugelige Bläschen auf, V a c u o l e n (*V*). Als Beispiel einer membranlosen Zelle möge Figur 2 dienen, welche ein einzelliges Lebewesen, eine Amöbe, darstellt. Dieselbe verändert leicht ihre Gestalt und ist daher in zwei Formen *A* und *B* gezeichnet. Ausser dem Kern (*K*) und einer sogenannten contractilen Vacuole (*V*)

befindet sich noch eine als Nahrung aufgenommene Diatomee (N) in dem Zellleibe. Dieser letztere ist unregelmässig begrenzt, zeigt Fortsätze und Buchten und lässt wiederum eine mehr gleichartige, hellere und eine mehr körnige dunklere Substanz unterscheiden, von denen die erstere speciell am Rande hervortritt. Der Nahrungskörper (N) ist von der Amöbe in der Weise in ihren Leib aufgenommen worden, dass sie ihn zunächst mit ihren Fortsätzen umgab, gewissermassen umfloss.



Amöbe in zwei verschiedenen Formzuständen nach LEUNIS-LUDWIG. K = Kern, N = Nahrungskörper (Diatomee), V = contractile Vacuole.

Einlagerungen in die Zelle.

Sind die Hauptbestandtheile auch der protoplasmatische Zellleib und der Kern, so finden sich doch vielfach noch andere Formelemente oder nicht geformte Substanzen in beide eingelagert.

1) **Zellleib.** Die in diesem befindlichen Gebilde kann man eintheilen in solche, welche als Nahrungsstoffe oder Producte der Zelle zu betrachten sind und in solche, die als Organe derselben anzusehen sind.

a) **Nahrungsstoffe und Producte.** Die hier zuzurechnenden Substanzen können mehr fest oder mehr flüssig sein, eine bestimmte Form besitzen oder nicht, in jedem Falle sind sie von dem Protoplasma scharf zu trennen. Man kann sie unter dem Namen Metaplasma (v. HANSTEIN) zusammenfassen, die Zellen, welche derartige Einlagerungen enthalten, als diplasmatische im Gegensatze zu den von ihnen freien monoplasmatischen (KÖLLIKER) bezeichnen. Die Stoffe finden sich in der Zelle in Form von Körnchen, Schollen, Krystallen, Tröpfchen oder unregelmässig begrenzten Flüssigkeitsmengen etc. Erscheinen sie in Form von scharf begrenzten Bläschen, so werden sie wohl auch als Vacuolen bezeichnet.

Wohl zu unterscheiden von diesen Vacuolen sind jene, welche bei der absterbenden oder todten Zelle auftreten, namentlich auch nach Einwirkung von Reagentien. Dieselben verdanken ihre

Entstehung wahrscheinlich einem Entmischungsvorgange (Frank Schwarz), bei welchem homogen gemengte Substanzen sich derartig scheiden, dass die löslichere sich in Tropfenform in der unlöslichen ansammelt. Diese letztere muss dabei noch die Eigenschaften besitzen, begrenzt quellungsfähig und undurchlässig in Bezug auf die gelöste Substanz zu sein. Diese Vacuolen wachsen durch Osmose. Bei absterbenden Zellen kann, eben durch den Vorgang des Absterbens, eine derartige Entmischung eintreten.

b) **Organe des Zellleibes.** Als solche, deren Entstehung wohl auf eine besondere Differenzirung des Protoplasmas zurückzuführen ist, sind anzusehen: das Parasoma und das Centrosoma.

1) Parasoma, Nebenkörper, Nebenkern (v. la Valette St. George). Dieses zuerst 1867 von v. la Valette St. George bei Samenbildungszellen beschriebene Gebilde ist seitdem von einer Reihe von Beobachtern bei verschiedenen Zellen: Sexualzellen, Drüsenzellen, aufgefunden worden. Es scheint mir indessen zweifellos, dass die bisher mit diesem Namen bezeichneten Dinge von sehr verschiedener Beschaffenheit und Bedeutung sind. Es spricht hierfür sowohl die Verschiedenheit der Form wie die des Verhaltens bei den Lebenserscheinungen der Zelle (Drüsenthätigkeit, Zelltheilung, Umbildung der Sexualzelle in das Spermatosom). Die nähern Angaben über dieses Gebilde werde ich aus diesem Grunde auch erst bei den betreffenden Capiteln machen. Hier möchte ich nur kurz bemerken, dass das Parasoma, in manchen Fällen wenigstens, sicher ein wichtiges, constant der Zelle zukommendes Gebilde ist.

2) Centrosoma (Boveri), *Polkörperchen* (E. v. Beneden), *Centralkörperchen.* Ein sehr kleines, rundliches bläschen- oder körnchenartiges Gebilde, vielleicht auch nur „eine durch ihr starkes Lichtbrechungsvermögen und ihre homogene Beschaffenheit ausgezeichnete“ Stelle des Zellleibes (Rabl), welches bis jetzt von einer Reihe von Beobachtern in Sexualzellen und mitunter auch in anderen Zellen (von Triton, Rabl) gesehen worden ist. Dasselbe ist vielleicht immer von einer umhüllenden Substanz eingeschlossen, der Attractionssphäre (Strasburger), sphère attractive (E. v. Beneden), Archoplasma (Boveri) und steht in einem ganz bestimmten, sehr wichtigen Verhältnisse zu Karyo- und Cytoplasma, auf welches ich aus practischen Gründen erst bei der Beschreibung der Zelltheilung eingehen werde.

2) **Zellkern.** In diesem liegt das Kernkörperchen (Kernkern, Nucleolus, bei Eizellen Keimfleck genannt) eingelagert,

welches auch in beliebiger Mehrzahl vorkommen kann, und vielleicht keinem Kern fehlt. Das Kernkörperchen ist rundlich oder leicht oval, stark lichtbrechend. Es liegt im Kern meist excentrisch, mitunter (namentlich auch, wenn viele vorhanden sind) peripher. Es ist in seiner Substanz verschieden von dem Kerngerüst, hängt mit diesem nicht zusammen, und ist leicht sichtbar zu machen, wenn man frische Zellen mit Wasser behandelt (FLEMMING: Zellsubstanz etc. p. 140), wodurch das Kerngerüst undeutlich wird. Sonst tritt es bei vielen Färbungen deutlich hervor, wobei zu bemerken ist, dass nach den Resultaten dieser zu schliessen, es wahrscheinlich verschiedene Arten von Kernkörperchen giebt, oder dass sich dieselben auch in ihrer Beschaffenheit ändern können. Die Bedeutung des Kernkörperchens ist unbekannt, vielleicht ist es als ein Organ des Kerns aufzufassen, vielleicht stellt es indessen auch nur einen besondern Stoff dar, der bei bestimmten Gelegenheiten wieder verwandt wird. Gerade bei einer der wichtigsten Lebensthätigkeiten des Kerns, der mitotischen Theilung, verschwindet es vor Beginn derselben und bildet sich in den neuentstandenen Kernen wieder.

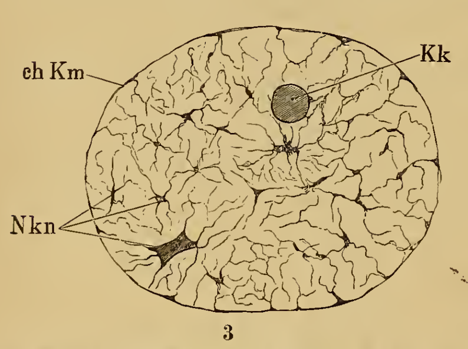
In dem Kernkörperchen ist bei Eizellen häufig noch ein kleineres Gebilde wahrzunehmen, der Nucleolulus, welcher von SCHRÖN als ein Korn gedeutet wurde, indessen wohl als Vacuole aufzufassen ist (v. LA VALETTE ST. GEORGE, FLEMMING).

Structur der Zelle.

Durch die neueren Untersuchungen ist es sehr wahrscheinlich geworden, dass Zellleib wie Zellkern eine besondere ev. ziemlich complicirte Structur besitzen. Im Karyo- wie im Cytoplasma vermag man unter Umständen je eine festere Substanz zu unterscheiden, die eine mehr fädige Structur zeigt, das Karyomitoplasma (ὁ μίτος = Faden) und das Cytomitoplasma, in welche mehr oder weniger Körnchen oder Körperchen von mitunter ganz bestimmten Formen eingelagert sind, die Karyomikrosomen und die Cytomikrosomen. Das gesammte Fadenwerk würde das Karyo- resp. Cytomitom bilden, die einzelnen Fäden würden als Karyo- resp. Cytomiten zu benennen sein. Bilden die Fäden durch Verbindungen unter einander ein Netz- resp. ein Schwammwerk, so hat man wohl auch von einem Spongioplasma gesprochen.

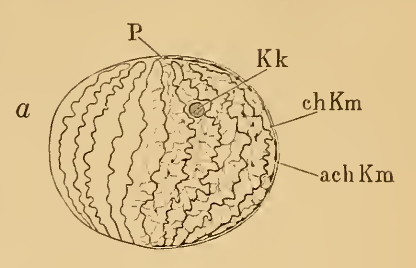
doch scheint mir das Wort „Mitom" als das umfassendere auch das passendere zu sein. Die Zwischenräume zwischen den Fäden nimmt eine flüssigere, heller und homogen aussehende Substanz ein, das Karyohyaloplasma und Cytohyaloplasma. Die Structurelemente des Kerns und des Leibes sind ihrer chemischen Beschaffenheit nach durchaus verschieden von einander und hängen mit einander in keiner Weise zusammen. Im Specielleren ist über die Structuren das Folgende zu sagen.

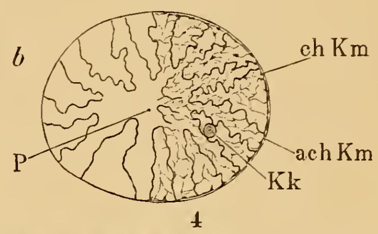
1) **Die Structur des Zellkerns** (Figur 3 und 4). Das Karyomitom erscheint bei einem Kerne gewöhnlich zunächst gleich einer Körnung, bei stärkeren Vergrösserungen als ein Netz- oder Schwammwerk, ein Kerngerüst, dessen Knoten vorher als Körner erschienen, während die feinen Verbindungsfäden unsichtbar blieben (Figur 3). An manchen Stellen dieses Netzwerks finden sich stärker verdickte Netzknoten (*Nkn*), die man nicht mit Kernkörperchen (*Kk*) verwechseln darf, welche letztere immer ohne Verbindung mit dem Kernnetze sind und auch aus einer anderen Substanz bestehen als dieses. Das Kernnetz erstreckt sich bis zum Rande und bildet hier eine Art von durchbrochener Membran, welche, da das Netzwerk durch Farbstoffe deutlich gemacht werden kann, auch als chromatische Membran (*ch Km*) bezeichnet wird. Um diese herum befindet sich gewöhnlich noch eine Hülle, die sich weniger gut färbt, die achromatische Kernmembran (Figur 4 *ach Km*), welche von manchen Autoren indessen schon dem Cytoplasma zugerechnet wird. Zwischen den Karyomiten liegt als helle Grundsubstanz (Zwischensubstanz, Flemming), welche sich wenig oder garnicht färbt, das Karyohyaloplasma, das indessen keineswegs als eine einfache wässerige Flüssigkeit anzusehen ist, sondern einen wichtigen Formbestandtheil des Kerns ausmacht. Ich ziehe daher auch das Wort „Grundsubstanz" dem „Kernsaft" von R. Hertwig vor. — Rabl hat es wahrscheinlich gemacht, dass in jedem gut ausgebildeten Karyomitom dickere, pri-



3
Kernschema. Theilweise nach Rabl (5. X. Kern aus dem Blasenepithel von Proteus).

märe, Fäden von dünneren, secundären, zu unterscheiden sind (Figur 4), welche letztere von jenen als Aeste abgehen und durch ihre Verbindungen (Anastomosen) mit benachbarten eben das Netzwerk entstehen lassen. Die primären Fäden zeigen eine ganz bestimmte Anordnung, sie bilden Schleifen, deren geschlossene Enden sämmtlich auf einer Seite des Kerns um ein helles Feld, das Polfeld (*P*), herumliegen, deren offene Enden auf der Gegenpolseite frei und ohne besondere Anordnung endigen, ev. sich hier mit den Schenkeln benachbarter Schleifen zu einem ununterbrochenen Faden vereinigen können. (Man vergleiche auch Figur 5 und 6.)





4

Kernnetzschema im Wesentlichen nach RABL (5. X). a. Kern von der Seite dargestellt, Polfeld oben; b. Kern von der oberen Fläche aus dargestellt. a ch K m = achromatische Kernmembran; ch Km = chromatische Kernmembran; K k = Kernkörperchen; P = Polfeld.

Verdünnten Säuren gegenüber (Essigsäure, Ameisensäure, Pikrinsäure, Osmiumsäure etc.) verhält sich der Kern so, dass das Karyomitom fixirt wird und deutlich hervortritt, das Hyaloplasma bleibt ganz durchsichtig. Nach Behandlung mit sauren chromsauren Salzen (2procentige Lösung, MÜLLER'sche Flüssigkeit) wird das Karyomitom weniger gut erhalten, dagegen tritt das Hyaloplasma gut hervor. Kalilauge in starker Verdünnung zerstört den Kern unter Quellung. Bei Anwendung von vielen Farbstoffen (Methylgrün, Methylviolett, Safranin, Carmin, Hämatoxylin etc.) färbt sich das Mitom mehr oder weniger intensiv, je nach dem Zustande der Zelle resp. des Kerns, das Hyaloplasma kaum oder garnicht. In jenem haftet der Farbstoff aber wahrscheinlich nicht an dem Mitoplasma, sondern an einer diesem eingelagerten Substanz, die sich häufig, wiederum je nach dem Zustande der Zelle, in Form von mehr oder weniger bestimmt gestalteten Körperchen darstellt, den oben schon erwähnten Mikrosomen, aber auch, wie es scheint, mehr diffus in dem Mitoplasma verbreitet sein kann, vielleicht auch wieder in Form nur sehr feiner Körnchen. Der Botaniker FRANK SCHWARZ hat demgemäss im Kern die folgenden durch ihr besonderes chemisches Verhalten charakterisirten Stoffe unterschieden:

das Linin = Karyomitoplasma = Parachromatin (Pfitzner)
das Chromatin = Substanz der Mikrosomen = Chromatin (Pfitzner)
das Paralinin = Karyohyaloplasma = Achromatin (Pfitzner)
ferner die Substanz des Kernkörperchens als:
Pyrenin = Prochromatin (Pfitzner)
und die der Kernmembran als
Amphipyrenin, da sie in ihren Eigenschaften der Substanz des Kernkörperchens nahe stehen soll.

Betrachtet man unter dem Mikroskope den Kern einer frischen, lebenden Zelle, so vermag man mitunter Theile des Mitoms mehr oder weniger gut zu erkennen, häufig erscheint der Kern indessen fast homogen, nur das oder die Kernkörperchen und einige Körnchen sind vielleicht sichtbar. Trotzdem muss das Mitom auch hier vorhanden sein, denn einmal tritt es, wenn auch in verschiedener Ausbildung, bei Fixirung des Kerns hervor und dann zeigt es sich stets in gleicher, für jede Zelle feststehender Form bei der mitotischen Theilung. Dieser letztere ist der beweisendere der beiden Gründe, denn während das bei der Fixirung entstehende Mitom immerhin ein künstliches Gerinnungsproduct sein kann, ist es bei der Mitose direct an der lebenden Zelle sichtbar. Man muss annehmen, dass bei dem lebenden Zellkern Modificationen der die Structuren bildenden Substanzen eintreten können, welche durch Veränderung der Lichtbrechung sie dem Auge unsichtbar zu machen vermögen; das alte Wort *παντα ῥεῖ* kommt hier zur vollen Geltung, die lebende Zelle und ihr Kern verändern sich fortdauernd.

Das Mitom bildet übrigens nicht bei allen Zellen die oben beschriebenen Schleifen, mitunter sind nur kleine Stäbchen oder Körnchen wahrzunehmen. Auch die Mikrosomen sind durchaus nicht immer als solche zu erkennen, auch sie treten am schärfsten bei der mitotischen Theilung, bei welcher allerdings auch eine Veränderung derselben, eine Vergrösserung statt hat (siehe Mitose) hervor. Beim ruhenden Kern kann das Chromatin, wie oben schon erwähnt, sich oft ziemlich regellos vertheilt zeigen, in grösseren und kleineren Klümpchen etc., auch ist die Intensität der Farbeaufnahme des Chromatins bei demselben Kerne jedenfalls wechselnd.

2) **Die Structur des Zellleibes.** Dieselbe tritt weit weniger deutlich hervor als die des Kerns und es ist daher weit schwerer, sicheres über sie anzugeben. Bei der frischen lebenden Zelle ist oft so wenig

von ihr wahrzunehmen, selbst bei Pflanzenzellen, dass der Botaniker Frank Schwarz zu dem Schlusse kommt, das Cytoplasma sei eine Mischung, in welcher unter Umständen eine Trennung von festerer, zäher und von flüssiger, gelöster Substanz eintreten könne (Vacuolenbildung). Er nimmt in dieser Mischung dreierlei Substanzen resp. Substanzgruppen an: erstens eine zähdehnbare Substanz, das Cytoplastin, zweitens die in den Vacuolen vorkommenden gelösten Stoffe, drittens die Mikrosomen, die auch ganz fehlen können. Ich bin nun mit dieser Anschauung insoweit ganz einverstanden, als auch ich annehme, dass die Vacuolenbildung mit der Zellstructur nichts zu thun hat, und einem Zerstörungsprocess ihren Ursprung verdankt, ferner, dass die Structur vielfach in der frischen Zelle nicht erkennbar ist. Dagegen tritt sie in manchen frischen Zellen sicher auch hervor, so z. B. in jenen Drüsenzellen mit Stäbchenstructur, in den Wimperzellen, wenn auch die hier sichtbaren Gebilde schon besondere Differenzirungen des Mitoms darstellen. Der Hauptgrund für ihr regelmässiges und allgemeines Vorkommen scheint mir indessen wieder durch die bei der mitotischen Theilung zu beobachtenden Bilder geliefert zu werden (siehe unten), die nur durch die Annahme einer bestimmten, von vorn herein vorhandenen Structur des Zellleibes zu erklären sind. Auch die Thatsache, dass zwei membranlose, neben einander liegende und einander berührende Zellen nicht miteinander verschmelzen, ist eigentlich nur bei Annahme einer festen Zellstructur verständlich. Aller Wahrscheinlichkeit nach wird das Cytomitoplasma ein ähnliches Gerüst bilden wie es im Kern geschieht, natürlich mit, unter Umständen sehr bedeutenden, Modificationen der Form. Die Cytomikrosomen werden diesem Gerüst wieder eingelagert sein und in den Maschen liegt dann als Grundsubstanz das Cytohyaloplasma. Bei membranlosen Zellen wird ein wirklicher Abschluss nach aussen nur insofern vorhanden sein, als das in den Maschen liegende Hyaloplasma, welches relativ fest gedacht werden muss, mit einer scharfen Contour abschneidet. Viele von jenen Bildern, welche man von der Netzstructur des frischen Zellleibes gegeben hat, und so auch viele an der fixirten Zelle zu beobachtenden Structurformen werden aber auf Vacuolenbildung, d. h. auf Entmischung, Zersetzung des absterbenden Zellleibes oder auch auf metaplasmatische Ausscheidungen zurückzuführen sein, und man wird bei der Beschreibung und Deutung derartiger Bilder auf das Aeusserste vorsichtig und kritisch verfahren müssen.

Für die Elemente, aus denen die Structur des Zellleibes sich aufbaut, existiren noch folgende Bezeichnungen:

	Für das *Cytomitoplasma*	Für das *Cytohyaloplasma.*
KUPFFER:	Protoplasma (im engeren Sinne).	Paraplasma.
FLEMMING	Filarmasse. Mitom.	Interfilarmasse. Paramitom.
LEYDIG	Substantia opaca. Spongioplasma.	Substantia hyalina. Hyaloplasma.
STRASBURGER:	Cyto-Hyaloplasma.	Cytochylema (dieses letztere zerfällt wieder in das dickflüssigere, eiweissreichere „Plasmochym“ und das in den Vacuolen der Pflanzenzellen sich findende, mehr wässerige „Cytochym“).

Die Zellmembran. Die Zelle kann sich unter Umständen mit einer Membran umgeben. Dieselbe muss jedenfalls als ein Product der Zelle aufgefasst werden, sei es nun als eine *Umänderung*, *eine Erhärtung der äussersten Schicht* des Zellleibes oder als eine Art von *Secret*, *eine Abscheidung*. Vielleicht kommt beides vor. — Dieser *äusseren* Zellmembran wird nun von manchen Autoren eine *innere* gegenüber gestellt, welche den Zellleib gegen den Kern abschliessen und so eventuell die *achromatische Kernmembran* bilden soll. Dass ein scharf begrenzter Abschluss des Zellleibes auch nach innen hin existirt, folgt schon aus der angenommenen Structur desselben, doch erscheint eine besondere Membran dazu nicht nothwendig. — Ob sich eine äussere Zellmembran bildet, hängt von der Function ab, welche die Zelle zu erfüllen hat und von der eventuellen Umbildung derselben, die durch das Altern bedingt wird. — In jedem Falle hat man sich den Abschluss des Zellleibes nach Aussen hin, und ebenso den Abschluss desselben gegen den Kern in der Weise zu denken, dass osmotische Strömungen ungehindert vor sich gehen können, die zur Ernährung der Zelle nothwendig sind.

Die bisher genannten und beschriebenen feinsten mit dem Mikroskope sichtbaren Structurelemente der Zelle würden sich ihrerseits *vielleicht* wieder noch aufbauen aus zur Zeit für uns unsichtbaren, die wir nur aus physikalisch-chemischen Vorgängen zu erschliessen vermögen. Die aus den Atomen sich zusammensetzenden Moleküle würden sich, so ist die Annahme, zu wieder neuen grösseren Gruppen

in der lebenden Zelle vereinigt finden, die man als Micellen oder Tagmen bezeichnet hat. Diese würden dann die eigentlichen Bausteine darstellen, aus denen die Zelle kunstvoll aufgeführt ist. Es würde indessen ein Irrthum sein, daraus schliessen zu wollen, dass diese Micellen nun auch die eigentlichen lebenden kleinsten Theilchen wären, so dass sie und nicht die Zelle als Elementarorganismen aufgefasst werden müssten (denn organisirt sind sie in ihrer Art ja auch). Nicht die einzelne Micelle würde ein lebender Elementarorganismus sein, sondern erst jene Wechselwirkung zwischen vielen derselben, die zu einem Gebilde (Zelle, Cytode) vereinigt sind, ist Leben, und die Summe dieser Wechselwirkungen aller jener Millionen Micellen, die in einer Zelle vielleicht vorhanden sind, würden das Leben und die Thätigkeit dieser Zelle darstellen. Es wäre aber gänzlich verkehrt, die Eigenschaften der Zelle auch als Eigenschaften der sie zusammensetzenden Micellen betrachten zu wollen.

Durchaus abweichend von der hier mitgetheilten Anschauung über die Structur der Zelle und des Kerns ist die von Altmann vertretene Ansicht. Nach ihm ist jede Zelle nicht an sich ein Elementarorganismus, sondern eine Colonie von solchen, sehr kleinen Körnchen (Granula) oder Fädchen. Diese „Bioblasten“ sind entweder „Autoblasten“, d. h. selbständige Mikroorganismen, oder „Cytoblasten“, wenn sie eine Zelle aufbauen. Ihrer Gestalt nach sind sie entweder mehr kugelig („Monoblasten“) oder fädig („Nematoblasten“). Je nachdem sie im Kern liegen oder im Zellleibe, würden sie „Karyoblasten“ und „Somatoblasten“ genannt werden können. Die „Zellen“ genannten Colonieen dieser Elementarorganismen sind nicht jetzt, sondern vor Zeiten entstanden zu denken und würden jetzt nur noch als solche in Erscheinung treten, und die Bioblasten, die einer solchen angehören, würden nicht mehr als Autoblasten existiren können. (Vergl. Altmann: Die Elementarorganismen und ihre Beziehungen zu den Zellen. Leipzig 1890.)

Eine noch andere Ansicht vertritt Bütschli. Er nimmt mit ausgehend von den künstlichen Zellstructuren (s. unten) an, dass das Protoplasma einen „schaumigen“, „wabigen“ Bau besitze, bei dem also kugelige Tröpfchen von sehr grosser Feinheit von einer andersartigen Substanz umgeben und durch sie völlig von einander getrennt sein würden.

Wie aus dem Vorhergehenden hervorgeht, würde ich diesen beiden Anschauungen nicht beipflichten können.

Form, Grösse, Consistenz und Verhalten der Zellen zu einander.

Die Form der Zelle und des Kerns. Die Gestalt der Zelle kann ausserordentlich verschieden sein. Die Grundform der freiliegenden, jungen Zelle ist die Kugel; gehen von dieser Fortsätze nach verschiedenen Seiten aus, so entsteht eine mehr oder weniger vollkommene Sternform. Drücken sich nebeneinander liegende kugelige Zellen, so werden sie polygonal, fünf- oder sechseckig. Ist die Höhe, Breite und Dicke einer polygonalen Zelle ziemlich gleich, so nennen wir sie: kubisch, ist die Höhe überwiegend: cylindrisch, spitzt sie sich dabei nach unten zu: konisch oder cylindrokonisch, wird die Höhe dagegen sehr gering, so erhalten wir die platte Zelle. Erscheint eine Zelle, ähnlich einem Doppelkegel, in der Mitte dick, an beiden Enden sich zuspitzend, so ist sie spindelförmig, unter Umständen cylindrisch-spindelförmig oder platt-spindelförmig und in beiden Fällen, wenn der Längendurchmesser stark überwiegt, faserförmig.

Der Kern ist meist kugel- oder ovoidförmig, doch kann er in beiden Fällen durch Abplattungen mehr oder weniger von dieser Grundform abweichen. In sehr schmalen langgestreckten Zellen wird auch er länger, langoval ev. fast stabförmig (glatte Muskelfasern). Stark verändert in seiner Form wird der Kern häufig in Zellen, in denen sich Secret anhäuft, dieses drückt ihn zusammen, plattet ihn ab. Noch stärkere und gleichzeitig sehr charakteristische Formveränderungen treten bei der Umwandlung des Kerns der Spermatide zum Köpfchen des Spermatosoms ein (s. männliche Geschlechtsorgane). Sehr eigenthümlich ist die öfter zu beobachtende Lappung des Kerns (Maulbeerform). Die Ursache und die Bedeutung dieser Kernform ist noch nicht genügend aufgeklärt und wahrscheinlich auch in verschiedenen Fällen verschieden. Mitunter ist die Lappung nur gering, mitunter aber auch so tiefgehend, dass die einzelnen Theile nur noch durch schmale Verbindungsbrücken in Zusammenhang stehen und man leicht glauben kann, mehrere Kerne vor sich zu haben. Solche Kernformen finden sich z. B. vielfach bei den weissen Blutkörperchen, bei welchen indessen auch ein wirklicher Kernzerfall eintritt, hier ist es also möglich, dass die Lappung nur ein Vorstadium des Zerfalles darstellt. Sehr wahrscheinlich ist

es, dass diese eigenthümlichen Kernformen auf active Gestaltsveränderungen des Kerns zurückzuführen sind (s. unten).

Die Grösse der Zelle. Dieselbe kann, auch wenn wir nur den menschlichen Körper betrachten, ungemein verschieden sein. So hat ein Lymphkörperchen des Menschen einen Durchmesser von etwa 4 bis 14 μ, während eine Linsenfaser eine Länge von mehreren Millimetern besitzt. Die grossen Nervenzellen der Vorderhörner des Rückenmarks weisen Durchmesser von über 100 μ auf, sodass sie mit blossem Auge isolirt sichtbar sind, von ihren Fortsätzen erreicht der Axencylinderfortsatz eine Länge von mehreren Fussen. Die allerdings vielkernigen, quergestreiften Muskelfasern erreichen beim Menschen eine Länge von 13 cm und mehr.

Was das Wachsthum der Zellen anlangt, so erreichen die einzelnen Zellarten sehr verschieden schnell ihre Maximalgrösse. Das Darmepithel besitzt bei einem 13 Wochen alten menschlichen Embryo schon dieselbe Grösse wie beim Erwachsenen, während das Trachealepithel weiter wächst, bis die definitive Grösse erreicht ist. Die Endothelzelle der Descemet'schen Haut der Cornea wächst weiter, bis die Letztere ihre definitive Grösse erreicht hat, während die des Mesenteriums bei einem 7 cm langen Rindsembryo schon ebenso gross wie beim erwachsenen Thiere ist.

Die Grösse der ausgewachsenen Zelle richtet sich einigermassen nach der Grösse des Thieres, doch gilt dieses nur für näher verwandte Thiere, und auch so kommen mannigfache Ausnahmen vor.

Consistenz der Zelle. Die Zelle scheint im jugendlichen protoplasmatischen Zustande etwa teigig weich zu sein, besitzt indessen gleichzeitig eine gewisse Elasticität und einen festeren inneren in der Structur begründeten Zusammenhang. Durch Differenzirung entstehen bei der weiteren Entwickelung die mannigfachsten Modificationen.

Das Verhältniss der Zellen zu einander. Die Zellen liegen theils dicht nebeneinander, nur durch schmale Streifen einer Intercellular- oder Kittsubstanz getrennt, theils weiter von einander entfernt, während die Zwischenräume durch geformte oder ungeformte Intercellularsubstanz ausgefüllt werden. In beiden Fällen können sie entweder durch Substanzbrücken mit einander verbunden oder völlig getrennt sein. Das Letztere ist im ganzen häufiger der Fall.

Die Lebenserscheinungen der Zelle.

I. **Der Stoffwechsel.** Da jede Zelle ein lebendes Wesen darstellt, so muss sie ernährt werden und die erhaltene Nahrung in bestimmter Weise verändern, umsetzen. Die Nahrung wird ihr auf verschiedene Art zugeführt, je nach dem Bau des Wesens, dem sie angehört, beim Menschen und den höheren Thieren durch das Blut vermittelst des Lymphstromes. Dieser geht, so muss man annehmen, von den feinsten Blutgefässen aus, durchzieht die Gewebe auf bestimmten Strassen, gelangt so zu den einzelnen Zellen, die er umspült und führt überflüssige Nahrung, bestimmte geformte Bestandtheile (Lymphkörperchen) sowie Ausscheidungsproducte der Zelle in das Blut zurück.

II. **Die Zellbildung und Zellvermehrung.** Schwann und seine Zeitgenossen nahmen zunächst an, dass aus einem Keimmutterboden, einem Blastem, Zellen direct entstehen könnten, sie sollten darin gewissermaassen auskrystallisiren. Durch weitere Forschungen (von Virchow, Kölliker u. A.) ergab sich mehr und mehr die Unhaltbarkeit dieser Anschauung. „Omnis cellula e cellula", dieser Ausspruch Virhow's giebt am prägnantesten den Standpunkt an, der allmählich gewonnen wurde, und den wir jetzt einnehmen. Nur aus einer schon vorhandenen Zelle vermag eine neue sich zu bilden, wo die erste Zelle ihrer Zeit hergekommen ist, das wissen wir nicht, jetzt findet eine Bildung von Zellen aus den Urstoffen, eine generatio aequivoca, soweit unsere Kenntnisse reichen, nicht mehr statt. Die erste, die Mutterzelle, eines jetzt sich bildenden Körpers ist die befruchtete Eizelle. Die erste Anlage der Körpers ist also eine geschlechtliche. Auch wo Parthenogenese stattfindet, wird dieselbe immer wieder durch geschlechtliche Zeugung unterbrochen. Die aus der Eizelle sich ableitenden Zellen theilen sich aber ohne eine neue Befruchtung, ungeschlechtlich. Die Zellvermehrung ist der deutlichste Ausdruck des rüstigen Lebens der Zelle. Sie kann mit Recht als ein Wachsthum über das Maass des Individuums hinaus betrachtet werden. Ist sie doch ein Act, der über das individuelle Bedürfniss, für welches die Zelle, wie jeder Organismus, zunächst zu sorgen hat, weit hinaus geht, und der nur der Art, im zusammengesetzten Organismus also diesem, resp. zunächst der engeren Zellgruppe zu gute kommt, nicht der Mutterzelle selbst.

Die Zellvermehrung geht immer in der Art vor sich, dass eine Zelle, die an einer für sie bestimmten Maximalgrenze ihres Wachsthums angelangt ist, sich theilt und so zu zwei neuen Zellen, den Tochterzellen, wird. Bei der Entstehung dieser verschwindet also die Mutterzelle. Im speciellen lassen sich zwei Arten des Vorgangs unterscheiden:

a) die amitotische (directe) Theilung.

b) die mitotische (indirecte) Theilung.

Wie schon aus der Namengebung hervorgeht, unterscheiden sich die beiden durch das Verhalten des Mitoms und zwar des Karyomitoms. Während nemlich das Karyohyaloplasma in beiden Fällen in zwei ungefähr gleiche Theile zerlegt wird, theilt sich das Karyomitom nur bei der mitotischen Zellvermehrung, der Mitose, genau in gleiche Theile, bei dem amitotischen Processe tritt es in den Hintergrund und scheint durchaus nicht immer in gleichen Mengen in die Tochterzellen überzugehen. Die Kernkörperchen scheinen bei der Theilung keine wesentliche Rolle zu spielen, da sie, wenigstens bei der Mitose, regelmässig zuerst verschwinden, und erst in den neuen Tochterkernen von neuem sich bilden.

a) **Die amitotische (directe) Kerntheilung.** Dieselbe war nach älteren Anschauungen die einzige. Als in neuerer Zeit die mitotische bekannt und in allen Geweben nachgewiesen wurde (Flemming, Strasburger u. A.), schien es eine Zeit lang, dass letztere als die allein zu Recht bestehende angesehen werden müsste, schliesslich aber wurde durch weiter fortgesetzte Untersuchungen bewiesen, dass auch jene sicher vorkomme, allerdings, wie es scheint, bei weitem nicht in der Ausdehnung wie die mitotische.

Bei der amitotischen Theilung theilt sich der Kern, dessen Membran erhalten bleibt, in Folge einfacher Durchschnürung in zwei, und darauf ebenso die Zelle. Die letztere kann indessen auch einfach bleiben und dann entsteht eine zweikernige Zelle, die eventuell bei weiter fortgesetzter Kerntheilung vielkernig werden kann (s. unten). Die Theilungsebene der Zelle entspricht der des Kerns. Es entstehen so zwei neue der Mutterzelle ähnliche Zellen, von denen jede zunächst natürlich kleiner ist als jene.

In wie weit bei dieser Theilungsart bestimmte Umlagerungen des Karyomitoms vorkommen können, ist noch nicht genauer festgestellt. Nach den Beobachtungen von Löwit lassen sich solche nachweisen bei der Theilung bestimmter Lymphzellen (Leuko-

blasten) und zieht dieser Forscher daraus den Schluss, dass es sich in Folge dessen hier um einen Vorgang handle, der als eine unvollkommene mitotische Theilung aufzufassen sei. Ich möchte dieser Auffassung nicht beistimmen, da der Grundtypus durchaus der amitotischen Theilung entspricht; immerhin ist die Beobachtung von Löwit deshalb von Bedeutung, weil sie die beiden Arten der Theilung einander nähert und so die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass dieselben nur Modificationen eines und desselben Processes darstellen.

Die amitotische Kerntheilung ist sowohl bei pflanzlichen wie bei thierischen Geweben constatirt worden, von letzteren z. B. bei Leukocyten (Ranvier, Löwit).

b) **Die mitotische (indirecte) Kerntheilung, Karyokinese** (Schleicher), **Mitose** (Flemming), **Cytodiérèse** (Henneguy, Carnoy). Das erste Zeichen einer beginnenden Theilung ist auch hier gewöhnlich eine Vergrösserung des Kerns, sodann treten bestimmte, sehr tiefgreifende Veränderungen an dem Karyomitom auf, welche sich im Wesentlichen dahin zusammenfassen lassen, dass

1) eine Concentration des gesammten Mitoms zu einer in jedem Falle constanten Zahl von bestimmt geformten Karyomiten (Chromosomen, Waldeyer): Schleifen, Stäben, Fäden, körnerähnlichen Gebilden etc. statt hat. Dabei tritt eine Vermehrung des Chromatins ein, die Mikrosomen nehmen entweder einfach an Substanz zu, vielleicht auf Kosten des Mitoplasmas, oder legen sich auch vielleicht an einander, um eventuell zu verschmelzen, jedenfalls entstehen grössere chromatische Körner, welche den Karyomiten eine rosenkranzähnliche Form verleihen können: die Chromatinkörper, Chromatinkugeln (Balbiani, Pfitzner), die eventuell auch als kurz-tonnenförmige Gebilde oder Scheiben sich präsentiren: Chromatinscheiben, Mikrosomenscheiben (Strasburger). Dieselben liegen hinter einander eingebettet in das Mitoplasma, welches die zwischen ihnen befindlichen Zwischenräume ausfüllt;

2) eine genaue Längstheilung dieser so entstandenen Karyomiten stattfindet, derart, dass jedes Mikrosom in zwei gleiche Theile zerlegt wird;

3) während dieser Vorgänge und weiterhin eine Verschiebung der Karyomiten sichtbar wird, welche eine Vertheilung der neu entstandenen halbirten Karyomiten, der Tochterschleifen etc., auf die beiden neuen Kerne ermöglicht.

Dass gleichzeitig auch chemische (oder vielleicht auch nur physikalische) Veränderungen in dem Kern vor sich gehen, lässt sich

aus der verschiedenen Färbbarkeit des Mitoms und des Karyohyaloplasmas schliessen.

Es sind bei diesem Vorgang von den Autoren mehrfach von einander abweichende Stadien oder Phasen unterschieden worden: ich werde denselben wie folgt eintheilen (theilweise im Anschluss an die von WALDEYER vorgeschlagenen Bezeichnungen), indem ich die oben angegebenen drei Hauptrichtungen der Veränderung des Karyomitoms berücksichtige.

Auf das Stadium des ruhenden Mutterkerns folgen:

1) Der Mutterknäuel (Spirem, FLEMMING).
   a) der dichte Knäuel.
   b) der lockere Knäuel.
2) Die Schleifentheilung und -Richtung: Theilung und Richtung der Karyomiten (Chromosomen).
3) Der Mutterstern (Aster, Monaster, Aequatorialplatte [FLEMMING], Kernplatte [STRASBURGER]).
4) Die Schleifentrennung und -Polwanderung; Trennung und Polwanderung der Karyomiten (Chromosomen); (Metakinesis, FLEMMING).
5) Die Tochtersterne (Doppelstern, Dyaster, FLEMMING).
6) Die Tochterknäuel (Dispirem, FLEMMING),
   a) die lockeren Knäuel.
   b) die dichten Knäuel.
7) Die ruhenden Tochterkerne.

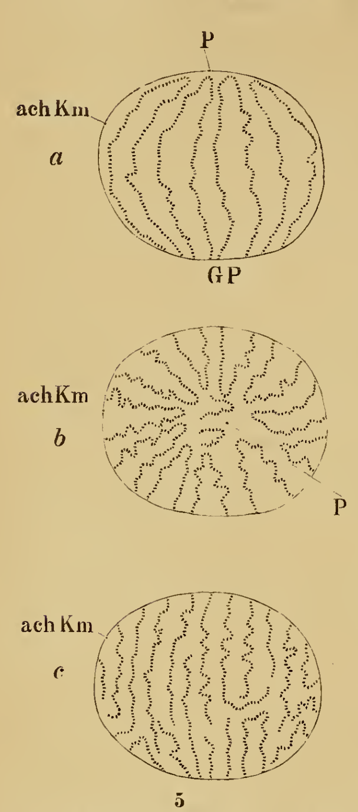
Nach STRASBURGER würden die Stadien 1 bis 3 als Prophasen, 4 als Metaphase, 5 bis 7 als Anaphasen zu bezeichnen sein.

In der nachfolgenden näheren Beschreibung der einzelnen Stadien werden ausser dem Karyomitom auch die anderen Theile des Kerns und der Zelle bis zu einem gewissen Grade berücksichtigt werden, das Centrosoma und einiges andere wird weiter unten behandelt werden.

1) Der Mutterknäuel. Allgemeiner Vorgang: Concentration der Substanz des Karyomitoms auf eine bestimmte Anzahl von Karyomiten, eventuell Abtrennung von Karyomiten durch Segmentirung eines einzigen Fadens. Die Entwickelung des Knäuels ist eine allmähliche und erlaubt zwei Stadien zu unterscheiden.

a) Der dichte Knäuel (Figur 5). Die secundären Fäden und Netzknoten verschwinden dadurch, dass sich ihre Substanz auf die primären Fäden zurückzieht. Diese verlaufen noch stark wellenförmig. Sie bilden meist Schleifen. Das Färbungsvermögen derselben,

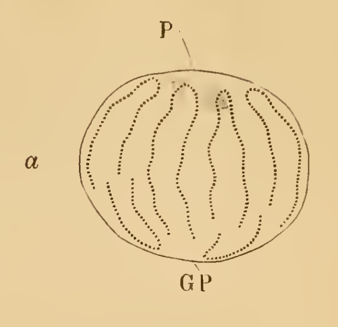
das anfangs relativ schwach ist, nimmt zu. Die Rosenkranzform wird durch die vortretenden Mikrosomen bewirkt. Figur 5 a zeigt die vom Polfelde herabsteigenden schleifenförmigen Karyomiten, Figur 5 b lässt die Anordnung derselben um das Polfeld herum erkennen, in dessen Mitte noch zwei mehr central gelegene Schleifen auftreten. In Figur 5 c sieht man die freien Enden der Schleifen an der Gegenpolseite. — Das Kernkörperchen verschwindet; ebenso die chromatische Kernbegrenzung; die achromatische *(a ch Km)* ist noch erkennbar.

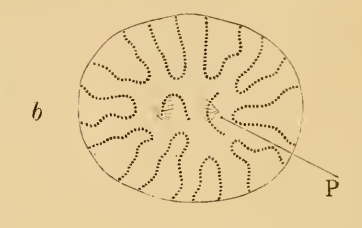


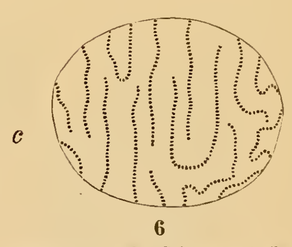
5
Dichter Knäuel. Schema, teilw. n. RABL (5 X) a von der Seite, b vom Polfelde aus, c von der Gegenpolseite aus gesehen. a ch K m = achromatische Kernmembran; P = Polfeld; G P = Gegenpolseite.

b) Der lockere Knäuel (Figur 6). Die Substanz der Karyomiten concentrirt sich weiter: der wellenförmige Verlauf verschwindet mehr und mehr, schliesslich ganz, die Fäden werden kürzer und dicker. Die Segmentirung, sei es einzelner längerer Schleifen, sei es des zusammenhängenden Fadens, geht so weit, dass die für die betreffende Zelle charakteristische Zahl von Karyomiten sich bildet. Ihre Form ist, wie oben schon erwähnt, bei den einzelnen Wesen sehr wechselnd: Fäden, Stäbchen (ev. so dick und kurz, dass sie fast die Form eines Kornes bekommen), Schleifen. Da diese letzteren bei den thierischen Zellen sehr häufig sind, habe ich sie auf den Figuren beibehalten und werde diesen Ausdruck in der folgenden Beschreibung als gleichbedeutend mit Karyomiten gebrauchen. Die Länge der einzelnen Schleifen und ebenso die ihrer beiden Schleifenschenkel kann verschieden sein. Das Karyomitom färbt sich jetzt sehr intensiv, die Mikrosomen haben an Grösse zugenommen. — In dieser Zeit oder etwas später tritt nun zuerst im Kerne, in der Gegend des Polfeldes, ein neues Gebilde auf, dessen Ursprung noch dunkel ist (s. unten), die achromatische Kernspindel. Die beiden Pole derselben bedeuten die Pole der

neu zu bildenden Kerne, die dieselben verbindende Axe demgemäss die Theilungsaxe, durch deren Mitte die „Theilungsebene", senkrecht zu ihr gelagert, hindurchgehen würde. Die Kernspindel ist zunächst sehr klein und liegt excentrisch im Kern, in der Gegend des Polfeldes. Sie besteht aus einer sehr grossen Anzahl sehr feiner Fäden und färbt sich fast garnicht, woher ihr Name im Gegensatze zu den chromatischen Kernelementen. Das genauere Verhalten der Fäden, sowie ihre eventuellen Beziehungen zu den Mikrosomen werden weiter unten besprochen werden. — Die achromatische Kernhülle ist noch deutlich erkennbar, um sie herum oft ein heller Hof.







6

Lockerer Knäuel. Schema, theilw. n Rabl (5. X). Buchstaben wie in Figur 5. Im Polfelde die achromatische Kernspindel, welche indessen nicht ausgezeichnet, sondern nur ihrer Lage nach angedeutet ist.

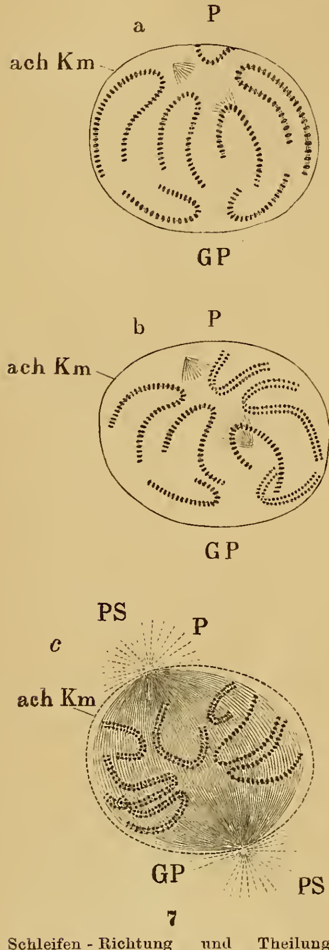
2) Die Schleifentheilung und -Richtung (Figur 7). Allgemeiner Vorgang: Die Concentration der Schleifensubstanz nimmt noch zu, die Schleifen wandern der Theilungsebene zu und theilen sich der Länge nach.

Die Schleifen werden dauernd kürzer und dicker (Figur 7a), und nehmen dabei allmählich eine Bandform an.

Diese Formänderung ist die Vorbereitung zu einer Längstheilung, durch welche jeder Faden in zwei gleich grosse Tochterfäden (Schwesterfäden), jedes Mikrosom in zwei gleich grosse Tochtermikrosome zerlegt wird. Dieser Vorgang ist von der grössten Wichtigkeit, denn er stellt die erste Anlage der neuen, der Tochterkerne, dar, welche sich aus jenen Tochterschleifen aufbauen. Die Theilung der sämmtlichen Schleifen geschieht nicht auf einmal, sondern allmählich, bald bei dieser, bald bei jener, wie das auch auf den Figuren 7 b c ausgedrückt ist.

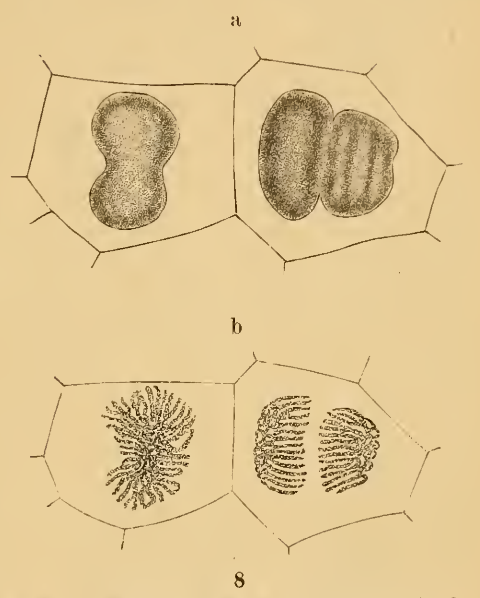
Während diese Veränderungen an den einzelnen Karyomiten vor sich gehen, lagern sich dieselben zugleich um, und zwar im Zu-

sammenhange mit der Lageveränderung der achromatischen Kernspindel. Diese wird länger und dreht sich allmählich mehr und mehr in einer Richtung, dass sie bei weiterer Fortsetzung dieser Bewegung senkrecht zu ihrer früheren Lage stehen, und dass dann ihr einer Pol dem Polfelde, der andere der Gegenpolseite entsprechen muss. Die Schleifen der Karyomiten zeigen nun das Bestreben, sich um die Mitte der Kernspindel in der Theilungsebene anzuordnen, sie bewegen sich also dieser zu und machen dabei natürlich die durch die Drehung der Kernspindel bedingte Bewegung mit. Die bandförmig gewordenen Karyomiten stellen sich dabei so, dass die Kanten des Bandes nach den Polen sehen, die durch die Theilung entstandenen Schwesterfäden also den Polen ebenfalls zugewandt liegen. Bei dieser Drehung tritt nun eventuell noch eine Bildung secundärer Schleifen an den Schleifenschenkeln auf, ein Vorgang, der indessen von keiner Bedeutung ist, und nichts weiter besagt, als dass die langen Fäden bei der Drehung, falls nicht genug Platz vorhanden ist, noch weiter in sich gebogen werden können. Mit der allmählich weiter fortschreitenden Verkürzung und Verdickung verschwinden diese secundären Schleifen wieder vollständig. (Vergl. die Figuren.) — Die achromatische Kernmembran wird während dieser Vorgänge unsichtbar (daher in 7 c nur punktirt gezeichnet). Durch besondere Behandlungsmethoden der Präparate lässt sich indessen nachweisen (Waldeyer und E. Sattler und namentlich Pfitzner), dass trotzdem die Abgren-



Schleifen - Richtung und Theilung. Schema, theilw. n. Rabl (5. X). In a und b ist die achromatische Kernspindel nur ihrer Lage nach angedeutet, gerade wie auf Figur 6, in c ist sie schematisch ausgezeichnet, ebenso wie auch die Polstrahlungen. In allen drei Figuren ist der Kern von der Seite dargestellt. ach Km = achromatische Kernmembran; P = Polseite; GP = Gegenpolseite; PS = Polstrahlung.

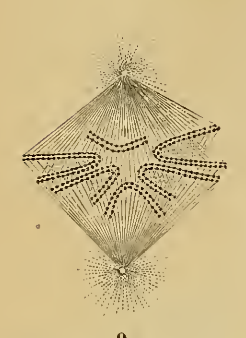
zung des Kerns gegen den Zellleib, d. h. die Abgrenzung des Karyohyaloplasma gegen denselben, eine durchaus scharfe ist. Die helle Kerngrundsubstanz, das Karyohyaloplasma, besitzt augenscheinlich einen so festen inneren Zusammenhang, dass seine Abgrenzung auch ohne eine besondere Kernmembran hinreichend gewahrt bleibt. Die nach PFITZNER'schen Abbildungen copirten Figuren 8 a und b (welche übrigens späteren Theilungsstadien angehören) zeigen in a nur das Karyohyaloplasma, in b nur das Karyomitom zweier in Theilung begriffener Zellen von Salamandra. Man müsste sich also die Figur 8 b eigentlich in 8 a hineingezeichnet denken, um ein vollständiges Bild der Kerne zu erhalten. Bei den Bewegungen der Karyomiten verändert eventuell auch das Karyohyaloplasma seine Form, ob passiv oder activ, ist unbekannt, und so würde die Form des ganzen Kerns fortdauernd wechseln und Bewegungen zeigen, welche den amöboiden (s. unten) ziemlich ähnlich sind. Die Kernspindel liegt wahrscheinlich völlig in dem Karyohyaloplasma, so dass ihre Pole gerade auf die Randcontour zu liegen kommen. Von diesen Polen geht noch eine neue Strahlung in den Zellleib hinein (Figur 7 e P 8), welche der Substanz des letzteren angehört und als „Polstrahlung" oder „Cytaster" bezeichnet wird. In dem Mittelpunkte des so entstehenden Strahlenkreises kann ein kleines rundliches Körperchen liegen: das „Polkörperchen" oder „Centrosoma" (siehe p. 8 und weiter unten.)



Zellen von Salamandra. Mitose mit Erhaltung der Gesammtform des Kerns, nach PFITZNER (5, XI). a. Darstellung des Karyohyaloplasma, welches die Gesammtform des Kerns giebt, b. Darstellung des Mitoms derselben Kerne.

3) Der Mutterstern (Figur 9). Allgemeines: Diese Form stellt das Endresultat der Wanderung und Theilung der Karyomiten und damit den Abschluss derjenigen Vorgänge dar, welche die Bildung des Tochterkerns vorbereiten. (Abschluss der Prophase, STRASBURGER.)

Die in dem vorigen Stadium beschriebene Umlagerung der Schleifen führt schliesslich dazu, dass dieselben sämmtlich in Form eines Sterns in der Theilungsebene derart gelagert sind, dass die Theilungsebenen der Schleifen derjenigen der Zelle parallel liegen oder mit ihr zusammenfallen. Die Schleifentheilung ist vollendet. Die Concentration geht noch weiter. — Die Kernspindel hat ihre Drehung vollendet.

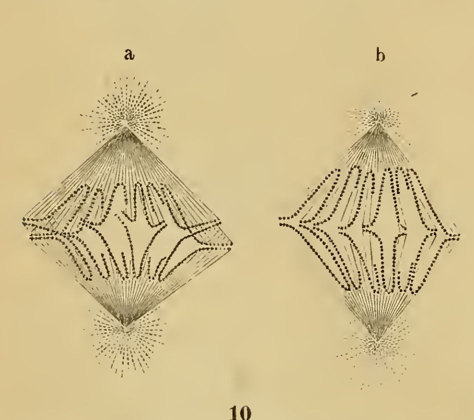


9

Mutterstern. Schema, theilw. n. RABL (5, X). Die achromatische Kernmembran ist, da sie bei der gewöhnlichen Darstellungsweise des Mitoms nicht sichtbar ist, fortgelassen.

4) Die Schleifentrennung und -Polwanderung (Figur 10). Allgemeines: Die Schwesterfäden fangen an sich von einander zu entfernen in der Richtung nach den Polen zu. (Metaphase, STRASBURGER).

Es beginnt jetzt eine neue Bewegungsphase: die durch die Theilung entstandenen Schwesterfäden trennen sich von einander. Die Trennung beginnt am centralen Ende, also bei Schleifen am Schleifenwinkel, und setzt sich allmählich nach Aussen fort. Es ist, als ob die Schleifenwinkel durch Fäden nach den beiden Polen hin langsam auseinander gezogen würden (Figur 10 a), bis schliesslich nur noch die letzten Enden der beiden Schwesterschleifen in Berührung miteinander sind (Figur 10 b). Bei weiterem Auseinanderweichen trennen sich diese Enden auch und nun wandern die Schleifen mehr und mehr den Polen zu, mit den geschlossenen Enden voran, in der Richtung der Spindelfasern, so dass sie auf diesen hinzugleiten *scheinen*. Zwischen den getrennten Enden bleiben feine, achromatische Fäden, die „*Verbindungsfäden*" (filaments réunissants, E. v. BENEDEN), übrig, welche wahrscheinlich aus dem Mitoplasma (Linin) hervorgehen (vergl. Figur 11). — Das Karyohyaloplasma schnürt sich jetzt ringförmig ein (vergl. Figur 8 a b,



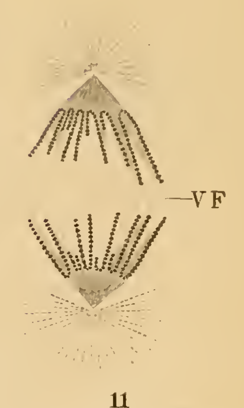
10

Schleifen-Trennung und Polwanderung. Schema, theilw. n. RABL (5, X). a. früheres, b. späteres Stadium.

die linke Zelle), die Fäden der achromatischen Kernspindelhälften verkürzen sich.

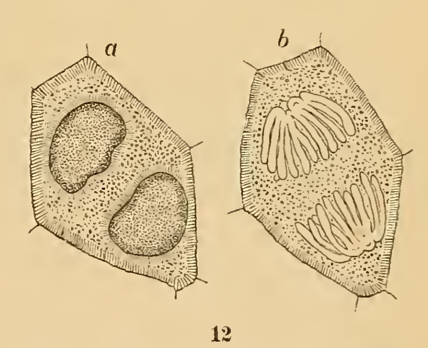
5) Die Tochtersterne (Figur 11). Allgemeines: Endstadium der im Vorigen geschilderten Wanderung.

Die Schwester- oder Tochterschleifen haben sich an den Ort der neuen Kerne begeben, zwischen ihren freien Enden liegt ein bedeutender Zwischenraum, der durchzogen wird von den Verbindungsfäden (*VF*). Die Schleifenwinkel stehen dicht zusammen, ihre verlängerten Axen würden sich nicht im Pole der Kernspindel, sondern etwas darüber hinaus schneiden. Das zwischen ihnen liegende Polfeld erscheint daher etwas eingedrückt, wie eine Delle, was noch mehr auf den folgenden Stadien (Figuren 13, 14, 15) hervortritt. Die Concentration geht noch fort: die einzelnen Schleifen werden dicker und kürzer. — Die Fäden der Kernspindelhälften sind sehr kurz geworden. Das Karyohyaloplasma ist durch die weitergegangene ringförmige Einschnürung in zwei völlig getrennte Massen zerfallen (Figur 12).



11
Tochtersterne. Schema, theilw. n. RABL (5, X). VF = Verbindungsfäden.

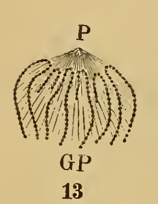
6) Die Tochterknäuel (Figuren 13 und 14). Allgemeines: Vertheilung der Substanz des Karyomitoms, Uebergang in den ruhenden Kern.



12
Zelle von Salamandra mit Tochtersternen. Copie nach PFITZNER (5, XI). a. Hyaloplasma. b. Mitom der Tochterkerne.

Der Tochterkern jeder Seite bildet sich allmählich in den ruhenden Kern um, ein Process, der nach dem vorher Gesagten und den Abbildungen leicht verständlich ist. Zunächst erscheint der lockere Knäuel (Figur 13), welcher durch einfache Beugung der Schleifenschenkel zur Gegenpolseite hin aus dem Stern hervorgeht, dann der dichte Knäuel, der durch eine Auflockerung der Substanz des Mitoms aus dem Vorigen sich bildet. Die Delle, welche dem Polfelde entspricht, tritt mehr und mehr hervor, ihr gegenüber liegt die Gegenpolseite. Bei einer Anzahl von Zellen scheint

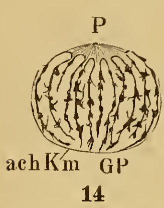
eine Verschmelzung der einzelnen freien Schleifenschenkel zu einem oder mehreren längeren Fäden einzutreten. Die Mikrosomen nehmen wieder an Grösse ab, sei es nun, dass sie in mehrere kleinere Mikrosomen zerfallen, sei es, dass die Menge ihrer Substanz abnimmt, ev. sich in eine andere Substanz (Mitoplasma?) umsetzt. Daher nimmt auch die Färbung des Mitoms an Intensität ab.



13

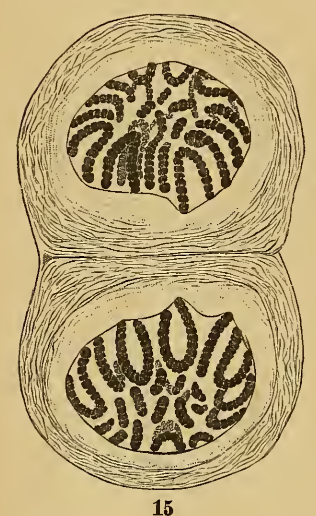
Tochterknäuel. Schema, theilw. n. Rabl (5, X). Nur der eine Tochterknäuel gezeichnet. P = Polfeld, GP = Gegenpolseite.

Die Nucleoli bilden sich von neuem. — Die Kernspindel wird undeutlicher, ebenso die Polstrahlung und das eventuelle Polkörperchen. — Eine neue chromatische und achromatische Kernmembran (Figur 14) bildet sich an dem Tochterkern zunächst an der Gegenpolseite, und schreitet von hier aus allmählich nach allen Seiten vor; das Polfeld würde demzufolge zuletzt von einer solchen begrenzt werden. — In diesem Stadium, in manchen Fällen schon bei den Tochtersternen, beginnt nun zuerst die Theilung des Zellleibes in der Verlängerung der Theilungsebene des Kerns. Es zeigt sich zunächst an einer Seite des Zellleibes eine Einkerbung, aus der eine ringförmige Einschnürung hervorgeht, welche dann allmählich tiefer und tiefer, bis zum schliesslichen Durchschneiden vordringt (Figur 15). Ob hierbei die Verbindungsfasern noch eine Rolle spielen oder ob dieselben schon vorher sich auf die Kerne, denen sie angehören, zurückgezogen haben, ist noch zweifelhaft. Bei vielen Zellen, namentlich Pflanzenzellen, sieht man deutlich in der Mitte von Fäden (ob diese die Verbindungsfäden sind, ist indessen auch noch nicht sicher) Verdickungen auftreten, die sich zu einer Membran oder Kernplatte (Kölliker) zusammenlegen. Die Einschnürung der Zelle geht zunächst bis zu dieser hin, worauf schliesslich auch hier ein Zerfall stattfindet.



14

Uebergang des dichten Tochterknäuels zum ruhenden Kern. Schema, theilw. n. Rabl (5, X). ach Km = achromatische Kernmembran.



15

Epidermiszelle der Larve von Salamendra maculata. Copie n. Rabl (5, X). Tochterknäuel, Theilung des Zellleibes.

7) *Die ruhenden Tochterkerne* (vergl. Figur 14 und Figur 4!) Allgemeines: Abschluss der in dem vorigen Stadium begonnenen Vertheilung der Substanz des Karyomitoms.

Die primären Fäden haben wieder sekundäre ausgesendet, die miteinander anastomosirend Netze bilden; Netzknoten sind aufgetreten; die Nucleoli sind vorhanden; die Kernmembran ist vollendet; die Kernspindel (s. unten), die Polstrahlung verschwinden. Der Zellleib ist völlig getheilt.

So ist der Theilungsvorgang beendigt, aus einer Mutterzelle sind zwei neue Tochterzellen entstanden. Nach einer längeren oder kürzeren Zeit der Ruhe und des Wachsthums (bei den Sexualzellen kann dieselbe gleich Null werden) ist jede von diesen Zellen im Stande, durch denselben Process zu zwei neuen Zellen zu werden. Dabei ist zu bemerken, dass die Theilungsaxe bei jeder folgenden Theilung immer rechtwinklig zu der der früheren steht.

* * *

Ich habe im Vorigen den Vorgang der Karyomitose so zu schildern versucht, wie er durchschnittlich vorkommt, resp. das Wesentliche desselben zu geben. Ich habe nun noch einige Nachträge anzuknüpfen.

1) Abweichende Formen. Flemming hat von den Hodenzellen von Salamandra macul. zwei Formen der Mitose: die homoeotypische und die heterotypische, beschrieben, die allerdings manche zunächst überraschende Modificationen darbieten, indessen im Princip mit der gewöhnlichen Mitose doch übereinstimmen.

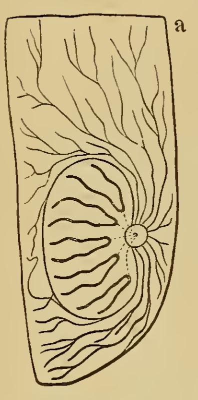
Ferner sind von verschiedenen Autoren Mitosen mit drei bis sechs Polen statt der gewöhnlichen zwei beschrieben worden. Dieselben sind immer recht selten, nach Schottländer bei der Corneaätzung etwa 6 %.

2) Die Anzahl der Karyomiten wechselt bei der normalen Mitose sehr je nach den Zellen und Thieren, so von 2 bis 4 bei den Blastomeren von Ascaris megalocephala über 6, 8, 12, 20, 24 bis zu 30 und vielleicht noch mehr.

3) Die Dauer der Mitose ist sehr wechselnd je nach den Thieren: Epidermiszellen der Larve von Triton cristatus 1 $^1/_2$ Stunden (Peremeschko), Salamandra 2 bis 5 Stunden, Mensch vielleicht $^1/_2$ Stunde (Flemming), jedenfalls bei Warmblütern kürzer als bei Kaltblütern. Bei dem Tode des Thieres laufen die Mitosen durchaus nicht alle ab, viele Zellen sterben in dem Zustande der Mitose ab, man findet daher

solche noch längere Zeit (24 Stunden) nach dem Tode, doch sind dieselben dann mehr oder weniger undeutlich, wohl in Folge der eintretenden Zersetzung.

4) Centrosoma und Attractionssphäre. Ich habe diese Gebilde schon oben (p. 8) erwähnt und muss hier noch auf ihre Beziehung zu der Mitose eingehen. Genauer studirt ist das Verhalten beider bisher nur an relativ grossen und wenig differenzirten Zellen (Samenbildungszellen, sich theilenden Eizellen und in grösseren Furchungskugeln dieser), und zwar ist auch in diesen Fällen mitunter nur die Attractionssphäre nicht das Polkörperchen gesehen worden. Es würde dieser Umstand nicht dagegen sprechen, dass nicht beide Gebilde allen Zellen zukämen, da sie wegen der Schwierigkeit der Beobachtung für uns nur an besonders günstigen Objecten sichtbar werden könnten. In der That hat Rabl (16, IV p. 24) an Epithelzellen von Triton bei dem ruhenden Kerne in unmittelbarer Nähe desselben im Zellleibe, meist im Grunde der polaren Delle, eine durch ihr starkes Lichtbrechungsvermögen und ihre homogene Beschaffenheit ausgezeichnete, gewöhnlich gegen den Zellleib nicht scharf begrenzte Stelle gesehen, welche vielleicht das erhalten gebliebene Centrosoma oder die Attractionssphäre sein konnte. Er nimmt nun im Einklange mit E. v. Beneden an, dass das Centrosoma ein bleibendes Organ der Zelle darstelle und dass dasselbe (Figur 16 a, der kleine Punkt in der Kerndelle) eine centrirende Wirkung auf die Structurelemente des Kerns wie der Zelle ausübe. Einerseits würden die Fäden der achromatischen Kernspindel von ihm als Pol (Polkörperchen) ausgehen (die punktirten Linien der Figur), andererseits würde das Cytomitom ebenfalls nach diesem Pol sich anordnen (die verzweigten Linien der Figur, die natürlich in Wirklichkeit beliebig anders im Einzelnen aussehen können). Eine dieser Auffassung entsprechende Beobachtung ist seitdem in der That von Solger gemacht worden, der an grossen zweikernigen Pigmentzellen vom Hecht und Hering einen zwischen den beiden Kernen liegenden hellen Fleck fand, von dem radiär nach allen Seiten die Pigmentkörnchen ausstrahlten. Nach Platner kann das Centrosoma auch weiter entfernt von dem Kern in dem Zellleibe liegen, und würde

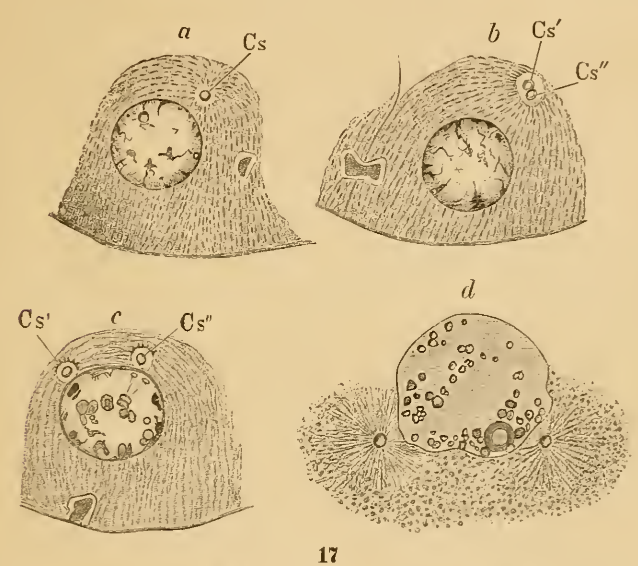




16

Kern und Zellschema n. Rabl (16, IV). a. das Gesammtschema, b. ein Schleifentheil der achromatisch. Spindel.

dann als eine Form des Parasoma erscheinen, von dem ich oben (p. 8) schon angab, dass es verschiedene Bedeutung besitzen könne. In Figur 17 a liegt das Centrosoma (*Cs*) deutlich im Zellleibe, umgeben von einem hellen Hofe, das Cytomitoplasma ist sichtlich centrirt. Es scheint nun, dass das Centrosoma insofern für die Mitose von der grössten Bedeutung ist, als es die ganze Theilungsbewegung einleitet. Es zieht sich in die Länge und zerfällt in zwei neue Centrosomen (Figur 17 b *Cs'* und *Cs''*). Ob zu dieser Zeit ein breiterer dunklerer



17

Verhalten des Centrosomas bei der Mitsose. a. b. c. Spermatocyten von Pygaera bucephala, n. PLATNER (1, XXXIII). d. Ei von Aulostomum gulo, Copie n. PLATNER (1, XXXIII). Cs = Centrosoma; Cs' und Cs'' die durch die Theilung von Cs neu enstandenen Centrosomen.

Hof, die Attractionssphäre, das Centrosoma umgiebt oder ob er erst später bei dem deutlichen Auftreten der Polstrahlung entsteht, ob er überhaupt eine constante Bildung ist, erscheint noch zweifelhaft. Im weiteren Verlaufe rücken die beiden Tochtercentrosomen an den Kern heran, indem sie sich dabei allmählich weiter von einander entfernen, bis sie der Kernmembran anliegen und nun an dieser hin auseinander gleiten (Figur 17 c). Liegt das Centrosoma der Kernmembran von vornherein an, so tritt natürlich nach der Theilung sogleich das Auseinanderweichen ein. Figur 17 d zeigt die Centrosomen schon weit getrennt mit sehr deutlicher Polstrahlung. Es würden dieselben dann mehr und mehr auseinander rücken, bis sie sich gegenüber stehen. Die von

beiden ausgehenden, die Centrirung des Cytomitoplasmas andeutenden Polstrahlungen würden sich in der Mitte des Zellleibes treffen, an jener Stelle, wo schliesslich die Theilung desselben durch Einschnürung statt hat, und diese beiderseitige Centrirung würde die Theilung auch mechanisch einigermassen verständlich machen. Nach vollendeter Theilung würde sich das Centrosoma als Organ des Zellleibes erhalten (s. auch Nr. 5) und auch während der Ruhe den Centralpunkt für die Structur desselben abgeben. Auffallend ist es nun immerhin, dass man bei den grossen und alle Verhältnisse so deutlich zeigenden Pflanzenzellen bis jetzt wenigstens kein Centrosoma gefunden hat. Ob dasselbe unter Umständen vielleicht ungemein klein ist, oder ob es, was doch auch in Betracht zu ziehen wäre, vielleicht nur der mehr zufällige Ausdruck einer auch ohne Körperchen bestehenden Structur ist, muss zunächst noch unentschieden bleiben.

5) Die achromatische Kernspindel. Die Fäden derselben convergiren von Anfang an nach den Centrosomen resp., wo diese selbst nicht nachweisbar sind, nach dem Centrum der Polstrahlung. Nach den eben mitgetheilten Beobachtungen Platner's würde sich auf diese Weise das ganze Verhalten der Spindel, ihre zuerst oberflächlich excentrische Lage, ihre spätere Ausbreitung durch den ganzen Kern, leicht erklären. — Die Herkunft der achromatischen Kernspindel ist noch nicht sicher erwiesen, nach einigen Autoren soll sie im Kern allein entstehen, nach anderen aus dem Zellleibe einwandern (eventuell mit den Centrosomen aus dem Nebenkern entstehend), nach anderen soll sie aus beiden sich bilden. Ueberblickt man die vorliegenden Beobachtungen, so scheint mir, namentlich auch in Hinsicht darauf, dass die scharfe Kernabgrenzung in allen Stadien der Theilung, wie oben erwähnt, nachgewiesen ist, die Entstehung der Kernspindel aus dem Karyohyaloplasma als die wahrscheinlichste. Dass sich diese Substanz auch unter dem Einflusse des Centrosoma befindet, ist nicht wunderbarer als das Uebrige. — Nun hat Rabl die sehr interessante Beobachtung mitgetheilt, dass die Fäden der Kernspindel sich mit den grossen Mikrosomen oder Pfitzner'schen Körnern der Karyomiten verbinden, und zwar soll zu jedem Korn ein Faden verlaufen, so auch nach der Längstheilung an jedes Korn der Schwesterfäden. Die Anzahl der Fasern würde danach eine sehr grosse sein und wird auch von Rabl für die Zellen von Salamandra mit 24 Schleifen auf 400 bis 500 für jede Spindelhälfte, also auf 800 bis 1000 im Ganzen angenommen. Selbstverständlich vermag man diese nicht alle wirklich zu zählen. Während des Knäuelstadiums sollen diese Fäden.

wie man das ja auch a priori annehmen müsste, vielfach gebogen verlaufen, später aber sich völlig strecken. Die Angaben RABL's über die grosse Anzahl von Fäden entsprechen den am Ei von Ascaris megalocephala gemachten Beobachtungen. RABL hält es danach für möglich, dass auch die achromatische Kernspindelhälfte des Tochterkerns in ihrer Lage zum Polkörperchen sich bei dem Ruhezustande des Kerns dauernd erhalte und so würde denn bei dem Beginne der Theilung nur ein erhöhtes Leben in alle diese vorgebildeten Elemente hineinkommen, wie bei einer Mobilmachung in die ebenfalls bis dahin theilweise unsichtbaren und scheinbar neu entstehenden Truppenkörper. Sind die eben mitgetheilten Dinge wirklich thatsächlich, so ist es selbstverständlich, dass die Kernspindelhälften von Anfang an getrennt sind (zunächst nur verbunden durch die PFITZNER'schen Körner) und dass in dem Zwischenraum zwischen den Tochtersternen keine ihnen zugehörigen Fasern sich befinden können.

6) Welcher Art die Kräfte sind, die bei der Mitose in Wirkung treten, das entzieht sich zunächst noch gänzlich unserer wirklichen Kenntniss. Ob die Bewegungen der Karyomiten durch Zug der sich contrahirenden Spindelfäden bewirkt werden, ob das Protoplasma des Zellleibes, welches bewegungsfähig ist, zuerst auf die Centrosomen wirkt, oder umgekehrt der Anstoss zur Bewegung von diesen ausgeht, lässt sich bis jetzt durchaus nicht sagen.

7) Aeussere Form der Theilung. Mag nun die Theilung eine mitotische oder amitotische sein, so kann man drei Arten der äusseren Form derselben unterscheiden:

a) die gewöhnliche Theilung in zwei gleiche von einander sich trennende Hälften.

b) die Knospung, welche dadurch charakterisirt ist, dass die eine neue Zelle beträchtlich kleiner ist als die andere, so dass die letztere scheinbar die Mutterzelle, die erstere die Tochterzelle darstellt. Es kann dann ausserdem noch die letztere Zelle in Folge langsamer Abschnürung durch einen sich ausziehenden Faden längere Zeit mit der Mutterzelle in Verbindung bleiben, so dass in der That ein knospenähnliches Bild entsteht. Derartige Vorgänge finden sich bei den Metazoën vielfach bei der Entstehung der Samenbildungszellen, ferner bei der Bildung der Richtungskörperchen im Ei.

c) die endogene Zellbildung. Man versteht darunter, dass eine von einer Membran umgebene Zelle sich theilt, ohne dass jene zugleich mit getheilt wird. Es wird daraus naturgemäss resultiren, dass dieselbe Membran zwei oder falls die Theilung noch weiter

geht, eine beliebige Anzahl von kleinen neugebildeten Zellen in sich schliesst. Bedingung für diesen Vorgang wird eine widerstandsfähige Membran und eine Reihe schnell auf einander folgender Theilungen der Zelle sein, ohne ein in Ruhe stattfindendes Auswachsen der neugebildeten Zellen, denn sonst würde der Raum schnell zu eng werden. Schliesslich wird natürlich stets die Zellmembran zerstört, indem sie entweder an einer, eventuell dazu präformirten, Stelle ein Loch bekommt und durch dieses die neugebildeten Zellen heraustreten lässt, während sie selbst als eine leere todte Hülse zurückbleibt, oder indem sie im Ganzen dünner, vielleicht auch ausgedehnt wird, und schliesslich verschwindet. Derartige Vorgänge kommen wieder hauptsächlich bei den Sexualzellen vor. Mir scheint die endogene Zellbildung eine noch weit unwesentlichere Modification der gewöhnlichen Theilung darzustellen als die Knospenbildung. Bei dieser liegt der Unterschied doch wenigstens in wesentlichen Theilen, hier aber geht die Theilung selbst ganz wie gewöhnlich vor sich und nur der zufällige Umstand, dass ein Hinderniss für das Auseinandertreten der Zellen vorhanden ist, bedingt den Unterschied. Dieser Vorgang beweist aber auch wieder recht schlagend, dass die Zellmembran nur eine von der Zelle unter Umständen, zur Erfüllung bestimmter Functionen, abgeschiedenes Gebilde ist, welches demzufolge auch keinen wesentlichen Theil der Zelle darstellt.

8) Unvollständige Theilung, vielkernige Zellen. Der Theilung (sowohl der directen wie der indirecten) des Kerns braucht nicht immer auch eine Theilung des Zellleibes zu folgen. Theilt sich der Kern allein, so erhalten wir zunächst jene zweikernigen Zellen, die wir vielfach in Geweben finden, so z. B. in der Leber, in den oberflächlichen Lagen des Blasenepithels; dieselben überragen die anderen Zellen gewöhnlich an Grösse. Theilen sich die neuen Kerne wieder und wieder, ohne dass eine Theilung des Zellleibes eintritt, so entstehen jene vielkernigen, grossen Zellen, wie die Riesenzellen, Osteoklasten, quer gestreiften Muskelfasern etc. Die Bedeutung dieses Vorganges ist durchaus unbekannt, nicht unwahrscheinlich ist es, dass er mit der Function der Zellen zusammenhängt (s. quer gestreifte Muskelfasern), jedenfalls sind die so entstandenen Zellen durchaus lebenskräftig. Jene scheinbar vielkernigen Zellen mit gelapptem Kern habe ich bereits p. 16 besprochen. Wohl zu unterscheiden von diesen lebenskräftigen, so zu sagen activ vielkernigen Zellen sind jene, bei denen ein Kernzerfall eintritt in Folge abnehmender Lebensthätigkeit, Zellen, die

man dem gegenüber auch als passiv vielkernig bezeichnen könnte (s. unten). — Kürzlich hat Flemming nachgewiesen, dass unter Umständen die Theilung des Zellleibes erst einige Zeit nach völligem Abschluss der Kerntheilung eintritt (grosse Pigmentzellen von Salamandra und Endothelzellen der Capillaren). Solche Zellen würden also vorübergehend zweikernig sein. Nach Zimmermann ist dieser Vorgang bei den Pigmentzellen auf eine individuell vorhandene Verlangsamung des Theilungsprocesses zurückzuführen.

III. Die Fähigkeit der Bewegung.

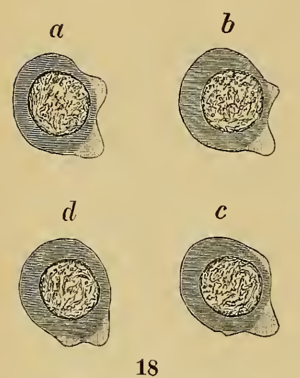
1) *Zellleib.*

a) amöboide Bewegung. Ich habe schon oben bei der als Beispiel für die membranlose, freie Zelle gezeichneten Amöbe bemerkt, dass diese ihre Form verändere, und zwei Stadien solcher Bewegung wiedergegeben (Figur 2 a, b). Der Charakter derselben ist ein eigenthümlicher: Vom Rande her schieben sich feinere oder dickere Fortsätze vor, die in jedem Augenblick selbst wieder ihre Form verändern können, sie fliessen gewissermaassen langsam vor. Während diese noch weiter sich entwickeln oder ruhen, gehen andere aus, oder jene ersten ziehen sich auch zurück. So ändert sich die Form dauernd und eventuell nach allen Seiten hin. Wird die Bewegung für eine Zeit nach der einen Seite hin lebhafter, so kann nach dieser Richtung eine Fortbewegung der ganzen Zelle eintreten, aus der Formveränderung entsteht eine Ortsveränderung. Auch viele Zellen der höheren Thiere besitzen eine derartige „amöboide“ Bewegung, so die weissen Blutzellen und Lymphzellen (Leukocyten, s. diese), Eizellen, Samenbildungszellen (Figur 18), event. Epithelzellen.

Wie man an Figur 2 und 18 bemerkt, ist die Randpartie der Zelle, aus welcher sich die Fortsätze hervorschieben, heller und gleichmässiger als die übrige Substanz. Erst wenn die Fortsätze eine gewisse Grösse erreicht haben, und namentlich, wenn die übrige Zellenmasse ihnen nachrückt, bewegt sich auch die dunklere körnige Substanz in sie hinein.

Die Ortsveränderung ist oft sehr bedeutend; so durchziehen sogenannte „Wanderzellen“ (Leukocyten) unseren Körper nach allen Richtungen. Sie folgen höchstwahrscheinlich den feinsten Lymphbahnen und nehmen gemäss der Enge der Spalten, in denen sie sich fortbewegen, und in Folge ihrer amöboiden Bewegungsart oft die wunderlichsten Formen dabei an. — Jene Amöbe umfloss ihre

Nahrung und nahm selbige so in sich auf. Das gleiche vermögen die Leukocyten zu thun und diese Eigenschaft scheint für den Gesammtkörper eine nicht unwichtige zu sein. Es ist einigermaassen wahrscheinlich, dass auf diese Weise bestimmte dem Körper schädliche Organismen (Bacterien etc.), sowie sonst störende Theile (abgestorbene Zellen und deren Reste, Blutextravasate) von derartigen Zellen, Phagocyten (METSCHNIKOFF), aufgenommen und fortgeführt werden können. Es wirkt die Zelle auf die Elemente indessen nicht nur mechanisch, sondern auch chemisch ein, denn dieselben werden in ihrem Leibe verändert, event. getödtet. Es würde sich also nach METSCHNIKOFF bei einer Bacterieninfection des Körpers zunächst immer um einen Kampf zwischen diesen Organismen und den Phagocyten handeln.



18

Spermatogonie von Astacus fluviatilis, Zerzupfungspräparat. Lebend in Dahlia-Jodserum, amöboide Bewegung im Verlaufe einer Stunde (a. b. c. d.). Vergr. 388.

b) Protoplasmaströmung. Während bei der amöboiden Bewegung die äussere Form der Zelle sich änderte, geht die Protoplasmaströmung nur im Inneren der Zelle vor sich. Bestimmte Theile des Protoplasmas bewegen sich stromartig, indem sie dabei in ihnen befindliche Körperchen mit fortführen. Die Strombahnen können sich unter Umständen auch mehr oder weniger schnell ändern. Mitunter handelt es sich um einen richtigen Kreislauf, öfters gehen die Strömungen nach sehr verschiedenen Richtungen auseinander und durcheinander. Man beobachtet diese Erscheinung am häufigsten bei Pflanzenzellen und Protozoën. Wahrscheinlich sind hierherzurechnen auch jene Verschiebungen der Pigmentkörnchen in vielen Pigmentzellen, so in den Zellen des Pigmentepithels der Netzhaut, in welchen bei Lichtreiz die Körnchen sich auch in die feinsten Zellfortsätze hin vertheilen, während sie im Dunkeln alle nach einem Centrum hin zusammenrücken.

Ich darf hier nicht unerwähnt lassen, dass QUINCKE (Ueber periodische Ausbreitung an Flüssigkeits-Oberflächen und dadurch hervorgerufene Bewegungserscheinungen [Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss. z. Berlin. XXXIV p. 791 ff.]) sowohl die amöboide Bewegung wie die Protoplasmaströmung auf rein mechanischem Wege zu erklären sucht, indem er annimmt, dass das Eiweiss des betreffenden Wesens von einer aus flüssigem Fette bestehenden Haut umgeben sei, die eine so grosse Feinheit besitze, dass sie mikroskopisch nicht wahrnehmbar

sei. Es soll sich nun an einzelnen Stellen des Thieres Eiweissseife bilden, die sich auf der Grenzfläche an flüssigem Fett und Wasser ansammele. Eine derartige Seifenbildung und Ansammlung bewirke aber nach Versuchen an Oelkugeln Bewegungen derselben, welche der amöboiden sehr ähnlich seien. Diese seien, wie das diese Art der Erklärung fordert, nicht gleichmässige sondern stossweise, je nachdem immer wieder eine neue Seifenbildung statthabe. In ähnlich mechanischer Weise wird die Bildung der Vacuolen und die Bewegung der sogenannten pulsirenden Vacuolen bei Infusorien erklärt. Auch Bütschli hat in dieser Richtung Versuche angestellt und nicht nur die Bewegung, sondern auch die netzförmige Protoplasmastructur ähnlich mechanisch zu erklären versucht (vergl. p. 15). So interessant sicher auch solche Versuche sind, so scheint mir doch die Beweiskraft derselben zunächst nicht ausreichend, um aus ähnlichen Bewegungserscheinungen an unbelebten Oelblasen einer- und an lebenden Thieren andererseits auf eine Identität der beiden sich abspielenden Processe schliessen zu dürfen. Ebensowenig wie die Zellen, welche man aus unbelebten Stoffen künstlich erzeugen kann, trotz mancher ähnlicher Eigenschaften, mit der lebenden Zelle identisch sind.

c) Contractilität. Diese Art der Bewegung ist von der amöboiden in vielen Fällen scharf und leicht zu unterscheiden, in manchen ist es aber schwer zu sagen, welche Form vorliegt. Als Hauptunterschied muss festgehalten werden, dass die contractile Zelle eine, wenigstens einigermaassen, bestimmte Form besitzt sowohl im ausgedehnten wie im contrahirten Zustande, und dass die durch die Contraction bedingte Veränderung also darin besteht, dass statt der einen die andere Form angenommen wird: Ruheform und Contractionsform. Die Contraction erfolgt stets auf einen von Aussen her einwirkenden Reiz, sei es, dass derselbe der Zelle durch einen Nerven zugeführt wird, sei es, dass er direct auf die Zelle wirkt (Licht, Electricität). Die Contractionsbewegung selbst kann verschieden schnell vor sich gehen, ebenso kann die Intensität der Wirkung und die Dauer des Verharrens im contrahirten Zustande verschieden sein. Das typische contractile Gewebe des Körpers ist das Muskelgewebe, dessen Elemente in Folge dessen auch einen specifischen Bau besitzen. Es können aber auch Zellen contractil sein, welche ihrem äusseren Ansehen nach sich in nichts von anderen unterscheiden, so z. B. manche endotheliale Zellen des Gefässsystems, namentlich auch beim Embryo. Eine besondere Art der Contractilität findet man bei den Flimmerzellen (s. Epithelien)

und bei vielen Formen der Spermatosomen (s. männliche Geschlechtsorgane). Contractil ist vielleicht auch das Protoplasma mancher Drüsenzellen, das die sezernirten Stoffe heraustreibt.

Nach Ballowitz soll die Eigenschaft der Contractilität stets an feine Fädchen, Fibrillen, geknüpft sein, welche sich aus dem Protoplasma differenziren. Es scheint mir, dass dieser Anschauung doch gewichtige Bedenken entgegenstehen. Ich würde die Contractilität als eine Eigenschaft des Protoplasmas (vergl. auch Nussbaum, Flimmerzellen, Capitel III) an sich auffassen, wobei natürlich nicht ausgeschlossen ist, dass in bestimmten Fällen diese Eigenschaft auch auf bestimmte aus dem Protoplasma differenzirte Gebilde, z. B. Fibrillen übergehen kann.

d) Ganz eigenartig sind die bei der Zelltheilung auftretenden Bewegungserscheinungen. Wie wir oben gesehen haben, ergreifen dieselben die ganze Zelle. Im Inneren treten Umlagerungen ein, starke Verschiebungen, äusserlich bildet sich eine Einschnürung aus, schliesslich kommt es zu einer Trennung der beiden Protoplasmahälften. Es ist hier also das gesammte Protoplasma in lebhaftester nach bestimmten Punkten hin sich conzentrirender Thätigkeit, welche der einschneidenden Bedeutung des Theilungsvorganges für die Zelle entspricht. Es kommt hierbei jedenfalls zum unzweideutigsten Ausdruck, dass die Eigenschaft der Bewegung eine dem thätigen Protoplasma an sich innewohnende ist.

2) *Zellkern.* Bei der Theilung wurden schon Bewegungen im Zellkerne wie Formänderungen des Gesammtkerns beschrieben, aber auch im sogenannten Ruhezustande des Kerns, d. h. in jenem, in welchem derselbe nur seine gewöhnlichen Functionen in Bezug auf die Zelle zu erfüllen hat, kommen sicher mitunter Formänderungen des Gesammtkerns vor, das beweisen die gelappten und maulbeerförmigen Kerne, sowie wahrscheinlich auch Bewegungen im Kern. Diese letzteren sind wohl auf Strömungen zurückzuführen, die den Protoplasmaströmungen entsprechen dürften. In wieweit die bei der Theilung im Kerne auftretenden inneren Bewegungen auf solchen beruhen, in wieweit hier eine Contraction der Spindelfasern eine Rolle spielt, ist, wie oben schon erwähnt, noch nicht zu entscheiden. Die Art der Bewegung des Gesammtkerns entspricht am meisten der amöboiden, aber sie ist nicht gleich der Bewegung einer freien amöboiden Zelle, sondern ähnelt mehr der einer solchen, welche von einer zarten dehnbaren aber festen Membran umgeben ist d. h. wie man sich eine solche

vorstellen könnte, denn zu beobachten ist sie in Natur nicht. In wieweit diese Eigenthümlichkeit auf die Beschaffenheit der Kernstructur, in wieweit sie auf den umgebenden Zellleib zurückzuführen ist, oder ob es sich endlich nur um eine scheinbare Aehnlichkeit handelt, ist nicht zu sagen.

3) Kernkörperchen. Auch dieses zeigt unter Umständen Formänderungen, die sich der amöboiden Bewegung nähern. Dieselben bestehen in einem Auftreten von hyalinen, buckelförmigen Fortsätzen, die auch wieder zurückgezogen werden können, wodurch die Form des ganzen Körperchens erheblich verändert wird. Derartige Beobachtungen sind bisher immer an Eizellen gemacht worden, bei denen die betreffenden Gebilde wegen ihrer bedeutenden Grösse leicht der Beobachtung zugänglich sind. (Balbiani 1864, von la Valette St. George 1866 etc.)

Die Nerventhätigkeit, die Fähigkeit Electricität und Licht zu erzeugen, sind wohl an besonders differenzirte Zellen geknüpft, ihre nähere Betrachtung gehört aber mehr in ein Lehrbuch der Physiologie.

IV. **Die chemische und Drüsenthätigkeit.** Eine grosse Anzahl von Zellen sind in der Weise thätig, dass sie aus der ihnen zugeführten Nahrung bestimmte Stoffe erzeugen, die in sehr verschiedener Weise weiter im Körper verwendet werden und morphologisch zum Theil von der grössten Bedeutung sind.

1) Ablagerung und Aufspeicherung.

a) Einmal werden solche Stoffe in den Zellen abgelagert oder aufgespeichert: entweder um dieselben zu bestimmten Functionen tauglich zu machen, z. B. Pigmentzellen, verhornte Oberhautzellen oder um sie als Nahrungsvorrath zunächst aufzuheben, bis eine eintretende stärkere Kraftleistung des Körpers ihrer bedarf, z. B. amylonhaltige Zellen, Fettzellen etc., noch andere erfüllen nur vorübergehend die Zellen, um bald ausgestossen zu werden, die Drüsensecrete, welche in den Zellen der eigentlichen Drüsen producirt werden.

b) Andere Producte werden ausserhalb der Zellen abgelagert, es sind das die Intercellularsubstanzen, die entsprechend der Verschiedenheit der Zellen, von denen sie abgeschieden werden, eine grosse Mannigfaltigkeit zeigen. In ihnen entstehen häufig neue

geformte Gebilde (Fasern), deren Bildung jedenfalls auch auf den Einfluss der Zellen zurückzuführen ist.

2) Eine ganz besondere Art der chemischen Thätigkeit besteht darin, dass die Zellen Stoffe produciren, durch welche Intercellularsubstanzen des Körpers zerstört werden (Osteoklasten, s. Knochen), Organismen, welche in den Körper eindringen, getödtet werden (Phagocyten). So würde einer bildenden chemischen Thätigkeit der Zellen eine zerstörende gegenüberstehen, beide würden zusammenwirken zur Erhaltung des Gesammtorganismus.

Das Alter und der Tod der Zelle.

Das Leben der Zelle ist nicht identisch mit dem Leben des Organismus, dem sie angehört. Die Zelle altert durchschnittlich schneller und stirbt früher ab als jener. Die Zellen aber, welche bei dem Tode des Gesammtorganismus in demselben sich befinden, setzen ihr Leben zu einem grossen Theile noch einige Zeit weiter fort, verschieden lange, je nach ihrer Beschaffenheit. Auch vom Körper getrennt kann man manche Zellen noch lange lebend erhalten, mitunter Tage lang (bei Kaltblütern). — Von einigen Geweben weiss man bestimmt, dass ihre Zellen fortdauernd zu Grunde gehen und durch neue ersetzt werden, und es ist durchaus wahrscheinlich, dass bei allen ähnliches vorgeht. Die Zellen der Oberhaut werden immerfort abgestossen, Mitosen in den tieferen Schichten sorgen für den Nachschub; die Haare fallen aus und werden durch neue ersetzt, die Nägel nutzen sich ab und wachsen dauernd vor. Die Zellen vieler Drüsen gehen fortwährend zu Grunde, indem sie das Secret erzeugen, die anderer haben vielleicht eine etwas längere Lebensdauer. Ebenso findet man Degenerations- und Regenerations-Processe bei Nervenfasern, Muskeln, Blutgefässen, Knorpel, Knochen, Blut und Bindegewebszellen. — Im Allgemeinen schwindet beim Altern der Zelle das Protoplasma, auch der Kern wird kleiner, platter. Häufig findet sich bei degenerirenden Zellen eine Kernvermehrung, die aber nicht als eine erhöhte Thätigkeit, eine Zellerneuerung herbeiführend, aufzufassen ist, sondern einen Zerfall, eine Degenerationserscheinung darstellt. — Bei den degenerirenden Zellen des Follikelepithels solcher Follikel des Eierstocks, die zu Grunde gehen, hat Flemming (bei Kaninchen) den Vorgang so gefunden, dass das Chromatin des Kerns

sich zu compacten Massen ballt, und dass der Kern darauf als abgegrenzter Theil überhaupt untergeht. An einer Stelle finden sich dann Chromatinbrocken, die sich in dem Zellleibe zerstreuen. In dem letzteren treten dabei und eventuell schon vor der Kernveränderung eine Menge von feinen Tröpfchen auf, die wahrscheinlich Fett sind. Schliesslich zerfällt der Zellleib und auch die Kernbrocken werden in dem Liquor folliculi aufgelöst: Chromatolyse. — Bei den Pflanzenzellen sind die Verhältnisse, wie es scheint, ähnliche. Auch hier wird der in der Jugend kugel- oder ovoidförmige Kern mit dem Alter platter, verliert also an Masse, und schrumpft eventuell bis zum Zackigwerden. In sehr alten Zellen, namentlich in Geweben, deren Plasma dem Absterben geweiht ist, werden die Kerne vollständig structurlos und bilden eine, meist dunkel gefärbte, homogene oder undeutlich körnige Masse. Von der Masse der Zelle schwindet der Kern zuletzt, er schrumpft eventuell zu einem kleinen, glänzenden Gebilde ein, nimmt hin und wieder gelappte Formen an, und zerfällt schliesslich in einzelne Körnchen. (Strasburger, Frank Schwarz.)

Die Bedeutung des Kerns für die Zelle und seine Entstehung.

Die Zelle besteht aus Zellleib und Zellkern, beide gehören untrennbar zusammen und bilden einen Organismus. Es kann dauernd weder der Zellleib ohne den Kern noch dieser ohne jenen existiren. Es scheint, dass der Zellleib von beiden Theilen der wichtigere und selbständigere ist, denn einmal sind immerhin noch nicht bei allen Organismen Kerne nachgewiesen, zweitens wird die ganze Formbildung, werden die verschiedensten Thätigkeiten der Zelle von dem Leibe ausgeübt, und drittens scheint auch der Vorgang der Theilung durch das im Leibe liegende Centrosoma resp. eine dem Leibe zugehörige Protoplasmaorganisation eingeleitet zu werden. Was man bisher von der Bedeutung des Kerns für die Zelle erfahren hat, spricht dafür, dass derselbe einen anregenden, leitenden Einfluss auf den Zellleib ausübt. In diesen Grenzen wird dem Kerne sicher auch ein vielleicht nicht unbedeutender Antheil an der Vererbung von Eigenschaften bei der Befruchtung (O. Hertwig) zukommen, wobei aber doch wohl zu beachten ist, dass, bei den Thieren wenigstens, das Spermatosom einer ganzen Zelle entspricht, welche sich bei der Befruchtung mit der Ei-

zelle verbindet, so dass also die Eigenschaften des Zellleibes ebensogut direct übertragen werden können. Versuche, welche von verschiedenen Forschern (Nussbaum, Gruber, Brandt, Verworn, Balbiani) hauptsächlich an Infusorien ausgeführt wurden, haben ergeben: erstens, dass, wenn man ein Infusorium (Gastrostyla vorax, Nussbaum) beliebig zertheilt, diejenigen Bruchstücke, in denen ein Stück Kernsubstanz vorhanden ist, sich zu einem vollständigen Thier mit Wimpern, Anhängen etc. regeneriren können, während die kernlosen dagegen regelmässig nach einiger Zeit absterben. Diese kernlosen Stücke können während dieser Zeit noch Bewegungen zeigen und Wimpern sowie Anhänge, die vorher, als der Kern noch wirkte, schon angelegt waren, entwickeln, aber sie können nichts Neues mehr hervorbringen. Nussbaum stellte daher die beiden folgenden Sätze auf:

1) Kern und Protoplasma sind nur vereint lebensfähig; beide sterben isolirt nach kürzerer oder längerer Zeit ab.

2) Zur Erhaltung der formgestaltenden Energie einer Zelle ist der Kern unentbehrlich.

Zweitens ist die Secretionsfähigkeit der Zelle vom Kern abhängig (Schmitz, Klebs, Verworn, Balbiani, Haberlandt), da nur die kernhaltigen Bruchstücke eine Membran etc. abscheiden. Haberlandt fand, dass bei den Zellen der Haare von Bryonia dioica Zellwandverdickungen vorkommen, welche dieselben in einen kernhaltigen und einen oder mehrere kernlose Abtheilungen zerlegen: weitere Zellhautanbildungen treten hier nur an den kernhaltigen Theilen auf. Derselbe wies ferner nach, dass bei den Bastzellen verschiedener Pflanzen (Linum usitatissimum, Nerium Oleander etc.) jede eingekapselte Portion des Plasmas einen Kern besitzt, woraus folgt, dass bei diesen Zellen nur kernhaltige Plasmaportionen sich einzukapseln, d. h. mit neuer Zellhaut zu umkleiden vermögen.

Drittens ist nach Hofer der Kerne ein regulatorisches Centrum für die Bewegung des Zellleibes: diesem letzteren wohnt die Fähigkeit der Bewegung an sich inne, durch den Einfluss des Kerns wird aber erst die Gesammtheit der die normale Zelle charakterisirenden Formen der Bewegung ermöglicht.

Viertens besitzt er nach demselben eine directe Einwirkung auf die Verdauung, insofern als nur unter seinem Einfluss eine Secretion verdauender Säfte möglich ist.

Keinen directen Einfluss soll der Kern nach Hofer auf die Respiration des Protoplasmas und auf die Function der contractilen Vacuole ausüben.

Der Zellleib andererseits muss, da der Kern in seinem Inneren von der Aussenwelt abgeschlossen liegt, denselben jedenfalls ernähren, ein Vorgang, der durch eine eventuelle Kernmembran in keiner Weise gehindert wird. Leidet die Ernährung des Zellleibes, so wird der Kern gleichfalls in Mitleidenschaft gezogen werden können, und so entsteht vielleicht ein Theil jener oben erwähnten Kernveränderungen an untergehenden Zellen. In anderen Fällen wird der Kern vielleicht auch primär einer Degeneration anheimfallen und so den Untergang des Zellleibes veranlassen können. Ist umgekehrt der Zellleib in rüstiger Lebenskraft bei guter Ernährung, so wird der Kern in den Zustand versetzt, bei der Theilung entsprechend mitwirken zu können.

Ueber die erste Entstehung des Kerns weiss man noch gar nichts. Wie für uns nur eine Zelle aus einer Zelle sich entwickeln kann, so auch nur ein Kern aus einem Kern, denn selbst, wenn es bei manchen Insecteneiern (Henking) vorkommen sollte, dass ein Kern seine Abgrenzung verliert, dem Auge entschwindet, und erst später ein neuer Kern auftaucht, so ist doch die Substanz des Kerns immer vorhanden, wenn auch in einem vorübergehend modificirten Zustande. Als das nächstliegende erscheint es ja immer noch, sich den Kern durch eine Differenzirung des Zellleibes entstanden zu denken, als ein Organ desselben. Zu einer hiervon durchaus abweichenden Ansicht ist Bütschli durch die Untersuchung von Protozoën (Bacterien etc.) gekommen. Er vermochte nachzuweisen, dass bei diesen sehr kleinen Lebewesen ein relativ sehr grosser „Centralkörper" existirt. der nur bei den grössten Wesen von einer sehr zarten andersartigen Schicht umgeben ist, während bei den kleineren und kleinsten nur an den beiden oder auch nur an einem Ende des Centralkörpers sich etwas von dieser Substanz nachweisen liess. Bütschli fasst den Centralkörper als den Kern auf. Da nun gerade die kleinsten und niedrigst stehenden Wesen fast ganz aus diesem Kern bestehen, da ferner durch die Untersuchung der höheren Wesen dem Kern so wichtige Eigenschaften, wie Vererbung, Beherrschung des Zellkörpers etc. zuerkannt werden, so hält er es nicht für unmöglich, dass nicht der protoplasmatische Zellleib, sondern der Kern das zuerst Entstandene sei, der Kern, welcher sich seinen Zellleib erst gebildet habe. —

Technische Bemerkungen.

1) Frische Pflanzenzellen: Eine Fadenalge aus einem Teiche, Graben, Beobachtung in demselben Wasser.

2) Einfaches Pflanzengewebe: Die feinen weissen Häutchen, welche zwischen den Zwiebelschaalen sitzen (vergl. Figur 1). Beobachtung in Brunnenwasser, Jodserum, sehr gut Dahlia-Jodserum (Kernfärbung). Beim Absterben Vacuolenbildung im Protoplasma.

3) Frische thierische Zellen. a) Kiemenblättchen, Stücke der Oberhaut, der Mundbodenplatte, Knorpel etc. von Salamanderlarven in Jodserum. Beim Absterben Vacuolenbildung, in Folge dessen mitunter Auftreten künstlicher Netze im Protoplasma. b) Sehr grosse thierische Zellen: Darmepithel der Mauerassel und anderer Arthropoden, Jodserum. c) Amöboide Bewegung: weisse Blutkörperchen des Krebses, einer Muschel, Schnecke, eines Salamanders, Triton, Frosches in der Körper- resp. Blutflüssigkeit, letztere ev. mit Zusatz von Jodserum oder physiologischer Kochsalzlösung. d) Amöben aus Pfützen, Gräben, aus dem Enddarm von Rana esculenta, Darm der Küchenschabe.

4) Protoplasmaströmung: Staubfäden von Tradescantia virginica, Blätter von Elodea canadensis, Brennnesselhaare in Wasser.

5) Kern: Lebende Präparate in einer ziemlich starken wässerigen Lösung von Methylgrün, der man noch 1 % Eisessig oder ausserdem noch 0,1 bis 1 % Ueberosmiumsäure zusetzt. Färbung augenblicklich, gleichzeitig Fixirung und scharfes Hervortreten der nucleïnhaltigen Theile des Kerns. Auswaschen in Wasser. Aufheben in angesäuertem Glycerin mit einem Tropfen der Färbeflüssigkeit. Oder Einschluss in Balsam nach Entwässern in leicht mit Essigsäure versetztem Alkohol, in welchem eine hinreichende Menge von Methylgrün gelöst ist.

6) Typische Zellformen, theilweise viele Kernkörperchen im Kern, liefern die wenig Dotter enthaltenden daher am besten jungen Eier: Frosch oder Triton, der eben die reifen Eier abgelegt hat, stärkeres Reiben des betreffenden Stücks des Ovariums zwischen den Fingern in Jodserum oder physiologischer Kochsalzlösung, um die stärkeren, dottereicheren Eier zu zerstören. Untersuchung in denselben Flüssigkeiten.

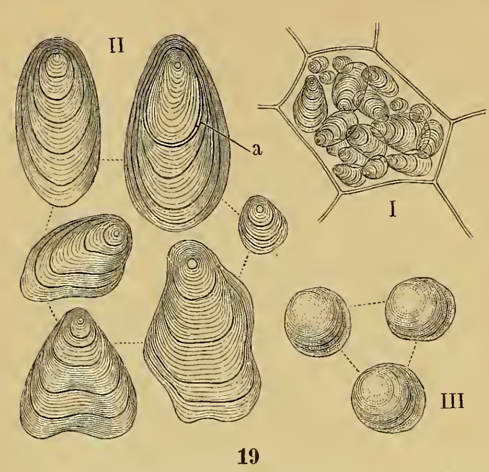
7) Mitosen. a) Man setze eine gewöhnliche Zwiebel (Allium Cepa) auf ein mit Wasser gefülltes Hyacinthenglas und lasse sie Wurzeln treiben, schneide die Spitzen dieser etwa in der Länge von 3 mm ab und lasse sie in Flemming'sche Flüssigkeit fallen. Schneiden nach Paraffineinbettung, Färben mit ganz schwachem Methylviolett oder Safranin in starker Lösung. b) Larven von Salamandra maculosa oder Triton, sonst auch Theile von erwachsenen Thieren, von Säugern ganz junge stark wachsende Thiere (junge Kätzchen, Hunde); sehr günstig sind die Hodenzellen, dieselben zeigen bei Krebsen und Arthropoden überhaupt sehr grosse und schöne Mitosen. Alle Thiere müssen frisch gefangen oder in sehr gutem Ernährungszustande sein. Behandlung wie in a, Färbung auch nach Celloidineinbettung mit Delafield's Hämatoxylin. Oder nach Rabl: 1) Fixirung

in Chrom-Ameisensäure oder Platinchlorid ($^1/_3$ $^0/_0$) und Färbung in Hämatoxylin (Delafield), dann Safranin. 2) Speciell für die achromatische Kernspindel: Fixirung von Salamanderlarven in Plantinchlorid ($^1/_{10}$ bis $^1/_8$ $^0/_0$) nach 24 Stunden Auswaschen in Wasser, Härtung in steigendem Alkohol. Kiemenblättchen oder Mundbodenplatte, Färbung in Hämatoxylin (Delafield) oder in Cochenillealaun (Czokor). Untersuchen in dem sehr schwach Licht brechenden Methylalkohol. Präparate nur wenige Tage haltbar. c) Centrosomen und Polstrahlung. 1) Hodenzellen der Lepidopteren: z. B. die in den Puppen des Mondvogels (Pygaera bucephala) an der Rückenfläche gelegenen, als helle kugelige Körper erscheinenden Hoden, während des Monats Mai bis zum Beginn des Juni. Fixirung in Flemming's Chrom-Osmium-Essigsäure ($^1/_2$ Stunde), Celloidin, Safranin oder Hämatoxylin (Platner 2, III. p. 344). 2) Eizellen zweier Nematoden: Leptodera nigrovenosa Schn. (Ascaris nigrovenosa) aus der Lunge von Rana temporaria und Ascaris megalocephala, des grossen Spulwurms des Pferdes. Die erstere besonders geeignet, um den Ablauf der Processe am lebenden Ei zu studiren, die zweite zum Studium der fixirten Eier. Man vergleiche hierzu die Arbeiten von E. v. Beneden (Archives de Biologie IV.), E. v. Beneden et A. Neyt (Bulletin de l'Acad. royale de Belgique III série, XIV. 1887) Nussbaum (1. XXIII), Boveri (3. XXI. XXII). d) Kölliker empfiehlt Serienschnitte von Eiern des Siredon aus den ersten Furchungsstadien, die in Chromessigsäure fixirt, mit Boraxcarmin prachtvolle Bilder ergäben, auch der achromatischen Theile. Ferner Muskelfasern von Siredonlarven auf Längsschnitten, welche die chromatischen Figuren schön zeigen. e) Zur Erkennung sowohl der chromatischen Elemente als auch der Form des Gesammtkerns (Pfitzner, 5. XI): Lebende Salamanderlarven für 1 bis 2 Tage in Osmiumsäure (0,1 $^0/_0$), Auswaschen in Wasser, Müller'sche Flüssigkeit. Oder aus Wasser in Alkohol, aus diesem nach beliebiger Zeit wieder in Wasser, dann Müller'sche Flüssigkeit. In leterer in beiden Fällen wenigstens 3 bis 8 Tage, beste Zeit der Untersuchung innerhalb der ersten 8 bis 14 Tage. Die Präparate zeigen nun die Form des Gesammtkerns (vergl. Figur 8 und 12): nach Färbung mit Hämatoxylin (Delafield) verschwindet diese und die chromatische Figur tritt deutlich hervor (vergl. die obigen Figuren). Zur Untersuchung nehme man die Kiemenplatten nach Abtrennung der Kiemenbüschel und der Knorpelleiste. Untersuchung in Glycerin oder besser Wasser. Dieselbe Methode dient zum Studium der gelappten Kerne: Das Bindegewebe des inneren Ueberzuges jener Hautfalte, die die Kiemenplatten von der Bauchseite her bedeckt. In diesem zahlreiche Leukocyten mit mannigfachen stumpfen Ausläufern und anscheinend einer grösseren Anzahl von Kernen.

Zum genauen Studium der Mitosen, lege man die Präparate zwischen zwei Deckgläser, die in dem Ausschnitt eines Holzrahmens (aus Cigarrenkisten) befestigt sind. Mann kann so durch beliebiges Umdrehen jede Mitose von zwei Seiten betrachten.

8) Eingelagerte Zellproducte. a) Pigmentablagerung: Pigmentepithel der Retina und Pigmentzellen der Chorioidea oder der Suprachorioidea irgend eines Säugethierauges, frisch oder nech Härtung in Drittelalkohol oder Müller'scher Flüssigkeit. Untersuchung im ersten

Falle in Jodserum oder physiologischer Kochsalzlösung, im zweiten in Wasser, Glycerin. Oder lebende Froschlarven, oder dieselben im Dunkeln in absolutem Alkohol fixirt, Schwimmhaut eines Frosches etc. b) Aufgespeicherte Nahrungsstoffe: 1) Schnitte von einer frischen Kartoffel, Wasser, Amylonkörnchen (Figur 19), ev. Zusatz schwacher Jod-Jodkaliumlösung: Bläuung der Amylonkörnchen = Stärkereaction. 2) Fettzellen: Netz eines neugeborenen Thieres in Wasser, oder Zerzupfen des Fettkörpers eines abgemagerten Frosches in Wasser. c) Drüsenzellen: Ein Stück Darm oder ein Stück einer Gl. submaxillaris des Hundes oder der Gl. sublingualis des Menschen in MÜLLER'sche Flüssigkeit für mehrere Tage, Zerzupfen in Wasser oder Glycerin: Becherzellen, mit Schleim gefüllte Drüsenzellen.



19

Stärkekörnchen: I. Eine Parenchymzelle aus der Knolle der Kartoffel (Solanum tuberosum), dicht mit Stärkekörnchen erfüllt; Vergr. 150. II. Einzelne Körnchen aus derselben, die Schichtung zeigend (bei a ein Sprung); Vergr. 600. III. Stärkekörnchen aus dem Endosperm des Weizenkornes (Triticum vulgare); Vergr. 600.

ZWEITES CAPITEL.

Ueber die chemische Zusammensetzung der Zelle.

Alle lebenden Gewebe sind aus einer grösseren Zahl von organischen und unorganischen Verbindungen zusammengesetzt. Niemals findet man einen lebensfähigen Theil, der nur aus einer einheitlichen chemischen Verbindung, z. B. nur aus Eiweiss, besteht.

Es ist bisher nur in einzelnen Fällen möglich gewesen, die durch chemische Analyse entdeckten Stoffe in dem lebenden Elementarorganismus zu localisiren, sie als Bestandtheile des einen oder des andern Theils der Zelle unter dem Mikroskop wiederzuerkennen. In dem vorhergehenden Abschnitt ist eine gewisse Zahl von Namen für die Bestandtheile der Zelle genannt, welche die Chemie nicht kennt. Andererseits hat man durch chemische Untersuchungen eine bedeutende Menge organischer und anorganischer Bestandtheile der Zellen aufgefunden, von denen man nicht weiss, ob sie durch die ganze Zelle verbreitet oder in bestimmten Theilen derselben angehäuft sind. Dieser Mangel an Uebereinstimmung zwischen der anatomischen und der chemischen Beschreibung der Gewebe wird bedingt durch die Unvollkommenheit der Methoden. Die Histologen haben in vielen Fällen nur das Verhalten der Objecte gegen Färbungsmittel untersucht und daraus Schlüsse auf die Bestandtheile gezogen. Indess kann die Färbung, die der Histologie ausserordentlich wichtige Dienste geleistet hat, nicht dazu dienen, chemische Individuen zu charakterisiren, sie darf vielmehr nur als Vorprüfung betrachtet werden, der eine weitere, auf chemische Reactionen gegründete, Erforschung folgen muss.

Die chemische Beschreibung eines Organs ist mit der Aufsuchung seiner Bestandtheile nicht beendet, wir fragen auch nach der Menge derselben. Es ergeben sich nun bei der quantitativen Analyse in vielen Fällen gesetzmässige Zahlenverhältnisse zwischen den einzelnen Bestandtheilen der thierischen Gewebe. Untersucht man zum Beispiel die Knochen verschiedener Thierarten, so findet man ungefähr das gleiche Verhältnis zwischen den organischen und den unorganischen Stoffen. Ehe wir die chemische Beschaffenheit der Gewebselemente besprechen, müssen wir uns Klarheit darüber verschaffen, wie diese Constanz der Zusammensetzung aufzufassen ist.

Wenn die Analyse chemischer Producte oder die Untersuchung von Mineralien eine stetige Gleichheit in der quantitativen Zusammensetzung offenbart, so pflegen wir diese Constanz auf stöchiometrische Verhältnisse, auf chemische Verbindungen der einzelnen Bestandtheile unter einander zu beziehen. In der Histochemie ist ein solcher Schluss nicht gestattet, weil die untersuchten Gewebe nicht eine in sich gleichartige Masse bilden, sondern aus chemisch verschiedenartigen Formbestandtheilen zusammengesetzt sind. Das Mikroskop lehrt uns nun, dass diese Formelemente oft mit grosser Regelmässigkeit, wie etwa die Felder eines Schachbretts, vertheilt sind und dieses stets wiederkehrende Ebenmass der kleinsten Formbestandtheile muss auch in den Resultaten der chemischen Analyse seinen Ausdruck finden. Wenn wir also von der quantitativen chemischen Zusammensetzung eines Gewebes als von einer feststehenden wissenschaftlichen Errungenschaft sprechen, so müssen wir stets bedenken, dass das quantitative Verhältniss der chemischen Bestandtheile nicht nur durch chemische Ursachen, sondern auch durch morphologische Verhältnisse bedingt ist.

Ein Beispiel hiefür bieten die Analysen der Spermatozoën des Lachses, deren Gesammtresultat später angeführt wird. Miescher (17) isolirte die Spermatozoën aus verschiedenen Individuen dieser Species und führte Bestimmungen des Phosphors in denselben aus. Es ergab sich eine so genaue Uebereinstimmung in dem Phosphorgehalt verschiedener Spermatozoën-Massen, dass die Zahlen kaum um $^1/_{10}$ Procent von einander abwichen. Und doch bestanden die untersuchten Substanzen nicht aus einer einheitlichen chemischen Verbindung, sondern jede analysirte Portion war aus unzähligen Spermatozoën zusammengesetzt. Jedes Spermatozoon enthält verschiedene Organe und es lässt sich nachweisen, dass diese Organe eine verschiedene chemische Zusammensetzung besitzen, dass das eine vorwiegend aus phos-

phorreichem Nucleïn, das andere aus Eiweiss besteht. Es ist in diesem Falle die gleichmässige Grösse und die regelmässige Lagerung der Theile, welche in den übereinstimmenden Resultaten der Analyse ihren Ausdruck gefunden hat.

Natürlich könnte ein solches Resultat nicht zu Stande kommen, wenn nicht ausserdem noch Verbindungen nach festen Verhältnissen in den Organen vorhanden wären. In der That können wir eine grosse Zahl constanter chemischer Verbindungen aus den thierischen Geweben isoliren. Wir können in vielen Fällen nachweisen und noch häufiger vermuthen, dass die chemischen Producte, die wir aus den Geweben darstellen, in den lebenden Organen noch in Form höherer Verbindungen enthalten sind, dass mehrere derselben eine Einheit bilden, die durch die Wirkung der chemischen Werkzeuge, mit denen wir die Gewebe angreifen, schon zerstört wird, oder die nach dem Tode der Zelle von selbst der Zersetzung anheimfällt.

Wir wenden uns jetzt zur Hauptfrage dieses Abschnitts: Welches sind die chemischen Bestandtheile der entwicklungsfähigen Zelle? Es könnte zweifelhaft erscheinen. ob diese Frage richtig gestellt sei. Die Zelle lässt während ihrer Thätigkeit einen Austausch von Stoffen mit ihrer Umgebung erkennen, die von aussen aufgenommenen und die im Innern producirten Substanzen können in ihr aufgespeichert werden und wir finden Ablagerungen von Producten im Protoplasma, deren Bedeutung für die Organe wir gar nicht kennen. Es ist also unrichtig, alle Stoffe. die man in der Zelle vorfindet, als „Bestandtheile“ derselben zu bezeichnen. Wir können in diesem Falle nur dadurch zu einem festen Boden für unsere Untersuchungen gelangen, dass wir die wesentlichen, nie fehlenden Stoffe in der jugendlichen, entwicklungsfähigen Zelle von den nicht wesentlichen zu unterscheiden versuchen. Wir wollen in der folgenden Darstellung diese wesentlichen Bestandtheile als primäre bezeichnen, hingegen diejenigen Stoffe, welche nicht in jeder entwicklungsfähigen Zelle vorhanden sind, welche als Nähr- oder Baustoffe von aussen aufgenommen sind, oder welche erst dann auftreten, wenn die Zelle ihren ursprünglichen Charakter verliert und die ihrem Gewebe entsprechende Eigenart annimmt, als secundäre. In dem entwickelten Gewebselement bleiben die primären Bestandtheile bestehen, solange die Zelle fortpflanzungsfähig ist, wenn sie auch hinsichtlich ihrer Menge sehr gegen die secundären Stoffe zurücktreten können. Erst wenn die Zelle die Fähigkeit zur Erzeugung neuer Zellen verliert oder wenn sie gar als abgestorbenes Glied dem Organismus

angehört, wie es bei den verhornten Zellen der Hautoberfläche der Fall ist, können die primären Bestandtheile völlig verschwinden.

Von der grössten Bedeutung für alle Untersuchungen über die primären Stoffe ist die Wahl des geeigneten Zellenmaterials. Am besten sind für die Beurtheilung dieser Verhältnisse die Analysen solcher Gewebe zu verwenden, die nur aus nackten, jeder Membran oder Intercellularsubstanz und jeder Einlagerung baaren Zellen bestehen. Hiezu eignen sich z. B. schnell wachsende Geschwülste. Auch die Spermatozoën gewisser Thiere stellen Gebilde dar, in denen die lebensfähige Substanz auf einen engen Raum zusammengedrängt und gewissermaassen allen Beiwerks entkleidet ist. Die Betrachtung der letzteren Gebilde wird uns in diesem Abschnitt noch mehrfach beschäftigen, sie ist von Wichtigkeit für unsere Fragen, weil die Spermatozoën uns die besten Aufschlüsse über die Zusammensetzung der Kernsubstanz geben können.

Eine grosse Bedeutung ist der Analyse eines Productes beigemessen worden, welches aus membranlosem Protoplasma besteht, nämlich dem Plasmodium der Myxomyceten. Das Plasmodium ist ein Entwicklungsstadium dieser niederen Pflanzen, welches man sich pfundweise verschaffen kann und an dem man daher die Eigenschaften des Protoplasmas im Grossen zu studiren im Stande ist. Freilich darf man nicht annehmen, dass alle Eigenschaften des Plasmodiums auch wesentliche Eigenschaften des Protoplasmas seien oder dass die Zusammensetzung eines Plasmodiums ohne Weiteres als Paradigma zu betrachten sei für die Zusammensetzung des Protoplasmas. Es ist selbstverständlich, dass wir in dem Plasmodium nicht nur Substanzen finden, die der Species eigenthümlich sind und die nur in dieser Art von Protoplasma vorkommen, sondern auch Stoffe, die aus der Umgebung aufgenommen sind, ferner Producte seiner physiologischen Thätigkeit, die anderen Protoplasmen fehlen.

Reinke und Rodewald (18) haben einige Eigenschaften dieses Protoplasmas festgestellt und gefunden, dass das Plasmodium des Aethalium septicum („Lohblüthe“) stets alkalische Reaction besass, sie vergleichen dasselbe seiner Consistenz nach mit einem Schwamm, welcher mit wässeriger Flüssigkeit vollgesaugt ist. Aus frischem Plasmodium liess sich mit der Hand $^1/_3$ des Gewichts an wässeriger Flüssigkeit auspressen, durch stärkeres Pressen wurde soviel gewonnen, dass die Gewichtsmenge der ausgepressten Flüssigkeit 66,7 Procent vom Gewicht der ganzen Masse ausmachte. Das specifische Gewicht der ausgepressten Flüssigkeit betrug 1,209, sie enthielt 7—8 Procent lös-

liche Eiweissstoffe. Dies mag als Beispiel für ein wasserreiches Protoplasma gelten, nicht immer findet man einen so hohen Feuchtigkeitsgehalt, im ruhenden Zustand wird es wasserarm und in ruhenden Pflanzentheilen kann es sogar steif und brüchig werden, ohne seine Lebensfähigkeit einzubüssen.

Die primären Bestandtheile der Zelle.

Man kann die primären Bestandtheile der Zelle — des Cytoplasmas und des Karyoplasmas — in folgende Gruppen eintheilen.

1) Die Eiweisskörper, einschliesslich der Nucleïne (Nucleïnsäuren).

2) Die Lecithine.

3) Die Cholesterine.

4) Die anorganischen Stoffe (unter ihnen auch das Wasser).

Aus der Gruppe der Eiweissstoffe sind folgende vier Körperklassen wahrscheinlich stets vertreten: a) Globuline, b) Vitelline, c) Plastin, d) Nucleïne oder Nucleïnsäure.

Die in allen vier Gruppen enthaltenen Elemente sind: Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Schwefel, Phosphor, Kalium, Natrium (?), Calcium, Magnesium, vielleicht auch Eisen.

Höchstwahrscheinlich werden die fortgesetzten Untersuchungen über die primären Bestandtheile der Zelle die eben angeführte Reihe noch erweitern.

Wir wollen jetzt einen Blick werfen auf die chemische Natur der einzelnen Stoffe und auf ihre Beziehung zu den im vorhergehenden Abschnitt geschilderten Formelementen.

Die vier oben genannten Eiweissstoffe können sich, wie es scheint, gegenseitig nicht ersetzen, da man bisher alle vier neben einander gefunden hat; indess reichen die bisherigen Untersuchungen für die Klärung dieser Verhältnisse noch nicht aus. Vitellin und Globulin sind nach Hoppe-Seyler (19, S. 76/77) in allen Protoplasmen vorhanden. Das Vitellin ist durch gesättigte Chlornatriumlösung nicht fällbar, während das Globulin des Protoplasmas durch dieses Reagens gefällt wird und sich somit dem Myosin ähnlich verhält. Das Plastin ist noch sehr wenig bekannt und man weiss sogar noch nicht einmal, ob dieser Körper Phosphor enthält oder nicht. Diese Unsicherheit ist besonders dadurch hervorgerufen, dass der vierte Körper, das Nucleïn, in einer unlöslichen Modification existirt, welche einige auffallende Eigenschaften mit dem Plastin gemein hat. Dieser Körper wird also häufig mit dem Plastin verwechselt und hat der makroskopischen Untersuchung dieser Substanz bedeutende Schwierigkeiten bereitet.

Die Eigenschaften der genannten Eiweisssubstanzen sind, soweit sie für den mikrochemischen Nachweis von Interesse sein können, schon im ersten Theile dieses Buches beschrieben. Es sei daran erinnert, dass die beiden erstgenannten sehr leicht veränderliche und lösliche Substanzen darstellen, welche durch verdünnte Säuren und Alkalien, selbst durch verdünnte neutrale Salzlösungen gelöst werden können. Das Plastin hingegen ist eine schwer lösliche und schwer veränderliche Substanz, unlöslich in verdünnten Säuren, selbst in concentrirter kalter Salzsäure, unlöslich auch in verdünnten Alkalien. Das Nucleïn ist in seiner löslichen Modification in Alkalien, auch in den Lösungen kohlensaurer Salze und in stärkerer Salzsäure löslich, es wird durch verdünnte Säuren gefällt und in Form stark lichtbrechender Massen abgeschieden. Bemerkenswerth ist auch sein Verhalten gegen Farbstoffe, vor allen übrigen Bestandtheilen der Zelle hat es eine starke Neigung voraus, sich mit Farbstoff zu beladen, es färbt sich zuerst und giebt den Farbstoff zuletzt wieder ab[1].

Die chemischen Verhältnisse des Nucleïns sind complicirter, als die der übrigen eiweissartigen Stoffe und müssen an dieser Stelle kurz noch erörtert werden.

Mit dem Namen Nucleïne sind dreierlei Art Substanzen bezeichnet worden:

1) Ein Spaltungsproduct des Vitellins (aus Eidotter) und des Caseïns (aus der Milch), ferner einige weit verbreitete Bestandtheile thierischer Gewebe, welche auch als „Nucleoalbumine" bezeichnet werden. Diese Körper sind phosphorsäure-haltige Eiweisskörper, die von den eigentlichen Nucleïnen, den gleichbenannten Bestandtheilen des Zellkerns, in chemischer Hinsicht durchaus verschieden sind (20, X S. 248). Diese Substanzen verrathen keine besonderen Beziehungen zum Zellkern und ich halte es nicht für zweckmässig, die Bezeichnung „Nucleïn" noch ferner auf sie anzuwenden.

2) Gewisse Bestandtheile des Zellkerns, welche die Vereinigung eines eiweissartigen Körpers mit einem organischen, Phosphorsäure enthaltenden, Atomcomplex darstellen (21). Bei der Spaltung entstehen die später zu besprechenden Basen. In der folgenden Darstellung sind nur diese Körper allein als Nucleïne bezeichnet.

3) Körper, welche sich in vieler Hinsicht ebenso, wie die eben erwähnten echten Nucleïne verhalten, aber keine eiweissartigen Be-

---

[1]) Weiteres s. Bd. I, S. 267.

standtheile enthalten. Der am besten bekannte Repräsentant dieser Gruppe ist das „Nucleïn“ der Lachsspermatozoën. Wir wollen diese Körper, einem neuerdings gemachten Vorschlage entsprechend, als Nucleïnsäuren bezeichnen (ALTMANN 15 A. 1889 p. 524).

Die Nucleïne sind höchstwahrscheinlich zu betrachten als Verbindungen von Nucleïnsäuren mit Eiweiss. Die Nucleïnsäuren können aber auch frei oder in Verbindung mit anderen Stoffen in der Zelle erscheinen, letzteres ist im Lachssperma der Fall.

Die aus verschiedenen Zellen gewonnenen Nucleïne zeigen Verschiedenheiten untereinander. Ob es auch verschiedene Nucleïnsäuren giebt, ist noch nicht zu entscheiden.

MIESCHER (17) hat für die Nucleïnsäure („Nucleïn des Lachsspermas“) die Formel $C_{29} H_{49} N_9 P_3 O_{22}$ berechnet [1].

Bei der längeren Einwirkung von verdünnten Säuren oder Alkalien, selbst schon beim Aufbewahren im feuchten Zustand werden die Nucleïne zerlegt unter Bildung von Eiweiss und stickstoffreichen Basen, daneben spaltet sich Phosphorsäure ab. Die beiden letzteren Spaltungsproducte bilden sich auch aus den Nucleïnsäuren. Die Basen sind folgende: Adenin ($C_5 H_5 N_5$), Hypoxanthin ($C_5 H_4 N_4 O$), Guanin ($C_5 H_5 N_5 O$), Xanthin ($C_5 H_4 N_4 O_2$) (20, III S. 284; IV S. 290; V S. 152 u. 267; VII S. 7; X S. 250). Diese Zerlegung kann schon im lebenden Organismus vor sich gehen, sobald einzelne Zellen dem Tode und einer langsamen, bei Abschluss der Fäulniss verlaufenden, Zersetzung (Nekrobiose) anheimfallen. Die genannten vier Basen zerfallen in zwei Gruppen, deren erste das Adenin und Hypoxanthin und deren zweite das Guanin und Xanthin umfasst. Adenin geht durch gewisse chemische Eingriffe, auch durch Fäulniss, in Hypoxanthin über, ebenso Guanin in Xanthin. Die beiden ersteren Substanzen gehören ihren Eigen-

---

[1]) Die procentische Zusammensetzung dieser Körper ergiebt sich aus folgenden Zahlen:

	Nucleïn aus Hefe	Nucleïnsäure („Nucleïn“ des Lachsspermas)
C	40,81	36,11
H	5,38	5,15
N	15,98	13,09
O	31,26	36,06
P	6,19	9,59
S	0,38	Schwefel nicht vorhanden.

Der Schwefelgehalt ist bei den Nucleïnen verschiedenen Ursprungs grossen Schwankungen unterworfen. Die schwefelreichen Nucleïne sind als Sulfonucleïne bezeichnet.

schaften nach zu den Cyanverbindungen (20, VI S. 422; XII S. 241), letztere sind als substituirte Harnstoffe aufzufassen.

In welcher Weise sind nun diese Eiweisskörper in der Zelle vertheilt und an die früher beschriebenen morphotischen Bestandtheile gebunden? Diese Frage ist bisher vorwiegend an der Pflanzenzelle studirt worden und wir müssen uns in manchen wichtigen Punkten mit den Resultaten botanischer Forschungen begnügen, ohne zu wissen, ob wir sie auf die thierische Zelle übertragen dürfen.

Die Untersuchungen von E. Zacharias (22) haben zu dem Resultat geführt, dass die löslichen Eiweisskörper, welche die im ersten Bande beschriebenen Blutlaugensalz-Eisenchlorid-Reaction geben, in dem Cytoplasma der Pflanzenzelle gegen das Plastin, welches diese Reaction nicht giebt, an Menge sehr zurücktreten. Nur einige der Einschlüsse des Protoplasmas, die Träger des Chlorophyllfarbstoffs und die Stärkebildner, ferner einzelne jener verschiedenartigen kleinen Gebilde, die man unter dem Namen der Mikrosomen zusammengefasst hat, geben die erwähnte Reaction. Auch der Zellkern und der Nucleolus färbt sich blau. Thierische Zellen sind viel reicher an reactionsfähigem Eiweiss.

Das Nucleïn ist dem Zellkern eigenthümlich. Diese Thatsache wurde von Miescher (23, S. 441 u. 502) entdeckt, welcher die Kerne der Eiterkörperchen durch verschiedene chemische Eingriffe, insbesondere durch die Wirkung der Pepsinsalzsäure, isolirte und aus ihnen das Nucleïn zuerst darstellte. Man fand, dass fast alle zelligen Gebilde, in denen Kerne erkennbar sind, auch Nucleïn oder Nucleïnsäure enthalten, während diese Körper kernfreien Zellen fehlen. Man kann dies durch chemische Reactionen unter dem Mikroskop und ohne Mikroskop beweisen; folgende Beispiele mögen genügen. — Die rothen Blutkörperchen der Säugethiere geben bei der chemischen Untersuchung im Grossen kein Nucleïn, hingegen kann man diesen Körper in reichlicher Menge darstellen aus den rothen Blutkörperchen des Vogelbluts. Die mikroskopische Untersuchung zeigt, dass erstere kernfrei sind, letztere einen Zellkern enthalten. Wenn man die rothen Blutkörperchen des Vogelbluts mit Wasser versetzt, so löst sich die Hauptmasse des Blutkörperchens auf. Bei mikroskopischer Betrachtung erkennt man, dass nur der Kern und ein zartes Gebilde, das „Stroma“ übrig bleibt. Denselben Vorgang kann man auch im Grossen ausführen. Man erhält bei der Einwirkung des Wassers auf die rothen Blutkörperchen des Vogelbluts, die man in grösseren Mengen isolirt hat, eine Lösung, welche Blutfarbstoff enthält und daneben reichliche Mengen einer gequollenen

Masse, welche hauptsächlich aus den Kernen besteht. Mit dieser Masse kann man dieselben Reactionen ausführen, die man unter dem Mikroskop am Zellkern anzustellen pflegt, man kann z. B. die Schrumpfung durch Säuren, das Verhalten zu Alkalien studiren und findet eine Uebereinstimmung mit den Reactionen des Zellkerns (23, S. 461; 20, V 153 ff., VII S. 16). Die chemische Analyse ergiebt, dass diese Substanz hauptsächlich aus Nucleïn besteht. — Es ist möglich, quantitative Bestimmungen des Nucleïns in den Geweben auszuführen und es hat sich gezeigt, dass die Menge des Nucleïns, welche durch die Gewichtsanalyse ermittelt ist, annähernd dem im mikroskopischen Bilde erkennbaren Kerngehalt der Organe entspricht. Sehr reich an Nucleïn sind die Spermatozoën, ferner die drüsigen Organe, sehr arm die Muskeln. —

Die botanischen Untersuchungen von E. Zacharias (22) haben den Zusammenhang von Zellkern und Nucleïn noch des Weiteren dargethan. Die früher beschriebenen Löslichkeitsverhältnisse dieses Körpers machen es möglich, diese Substanz sowohl vom löslichen Eiweiss als auch vom Plastin zu unterscheiden. Es hat sich gezeigt, dass in den Kernen von Pflanzenzellen das Nucleïn in Form zahlreicher grösserer und kleinerer annähernd homogener Körnchen angehäuft ist. Diese Nucleïnkörperchen treten auf Zusatz von 0,1 procent. Salzsäure, ferner nach Einwirkung von Pepsinsalzsäure deutlich hervor, sie lösen sich in Alkalien, in stärkerer Salzsäure, quellen in Kochsalzlösung auf, zeigen somit alle Eigenthümlichkeiten des Nucleïns. Wenn man diese Nucleïnkörper durch ein Lösungsmittel weggeschafft hat, so bleibt ein Rest des Kerns zurück, welcher ein Netzwerk bildet und dieses zeigt das Verhalten des Plastins. Da bei der Einwirkung der Pepsinsalzsäure das Volum des Kerns bedeutend abnimmt, so hat man vermuthet, dass im Kern auch verdauliche Eiweisskörper enthalten seien. Die Richtigkeit dieser Vermuthung ist durch die Untersuchung der Kerne von rothen Blutkörperchen des Vogelbluts sowie der Spermatazoën des Karpfens mit Sicherheit erwiesen. Hier findet sich das Nucleïn in chemischer Vereinigung mit einer Substanz von der Eigenschaft der Albumosen, dem Histon. Dieser Körper wird dem Kern durch Zusatz von Säuren entzogen (20, VIII S. 511).

Im Allgemeinen darf man wohl behaupten, dass das Nucleïn mit dem Chromatin identisch sei, indess sind in manchen Fällen auch andere, insbesondere plastinartige Körper, als „Chromatin" bezeichnet worden.

Ebenso wie die Eiweissstoffe finden sich auch die Lecithine in allen zelligen Gebilden (Hoppe-Seyler, 19, S. 79). Die Lecithine

haben sowohl in ihrer chemischen Constitution, als auch in ihren Eigenschaften viele Aehnlichkeit mit den Fetten. Die Fette zerfallen bekanntlich bei der Spaltung durch Alkalien und bei der Einwirkung von Mikroorganismen oder von Fermenten in ein Molekül Glycerin und drei Moleküle Fettsäure (Palmitinsäure, Stearinsäure, Oelsäure etc.). Die Lecithine liefern unter den gleichen Verhältnissen ein Molekül Glycerin, daneben zwei Moleküle Fettsäure, ein Molekül Phosphorsäure und ein Molekül Cholin. Die Lecithine unterscheiden sich von einander durch die in ihnen enthaltenen Fettsäuren. Man findet in diesen Körpern die Phosphorsäure in lockerer Verbindung mit organischen Stoffen, wie beim Nuclein. In der Abspaltung dieser Phosphorsäure ist bei beiden Stoffen ein Mittel zu kräftiger Säurebildung innerhalb der Zelle gegeben. Wie bei den Eiweissstoffen macht sich auch bei den Lecithinen eine Neigung zur Anlagerung an andere Atomcomplexe bemerkbar, eine lockere Verbindung zwischen beiden Stoffen ist in vielen Fällen vorhanden.

Die Cholesterine (Hoppe-Seyler, 19, S. 81) sind Alkohole, welche wahrscheinlich zu der Gruppe der Terpene gehören. Der speciell als Cholesterin bezeichnete Körper hat wahrscheinlich die Formel $C_{27} H_{46} O$. Von ihren Beziehungen zu den Formelementen der Zelle wissen wir ebensowenig, wie von denjenigen der Lecithine.

Von den anorganischen Stoffen ist das Eisen der einzige, dessen Beziehung zu den Elementarorganen der Zelle verfolgt werden kann. Dieses Element findet sich sowohl im Cytoplasma als auch im Kern, in manchen Fällen ist es in letzterem in grossen Mengen aufgespeichert (Schneider, 15 A. S. 173).

Sehr gering sind unsere Kenntnisse über die physiologische Bedeutung aller dieser Substanzen. Man muss annehmen, dass die Eiweisskörper bei dem Processe der Ernährung und Fortpflanzung, die uns ihrem chemischen Wesen nach noch unbekannt sind, betheiligt werden. Pflüger (6, X S. 300) hat es versucht, Vorstellungen über den Zustand des Eiweissmoleküls in der lebenden Zelle zu gewinnen; nach der Ansicht dieses Forschers ist das Eiweissmolekül allein der Träger der Lebensthätigkeit und der Unterschied zwischen Leben und Tod soll auf einer verschiedenartigen Anordnung der Atome im Eiweissmolekül beruhen.

Da das Nuclein der einzige bisher bekannte Stoff ist, der den Zellkern chemisch vom Cytoplasma unterscheidet, so müssen wir die physiologische Bedeutung dieser Substanz mit der des Kerns in engen Zusammenhang bringen. Wie im ersten Capitel dieses Bandes

bereits hervorgehoben wurde, muss man annehmen, dass die Vorgänge der Regeneration und die Bildung neuen organisirten Materials von dem Zellkern abhängig sind, denn in einer Zelle, der man den Kern amputirt hat, gehen sie nicht mehr vor sich, wenn auch das Cytoplasma selbst noch am Leben bleibt. Besonders auffallend ist es, dass die männlichen Geschlechtszellen eine Aufspeicherung von Nucleïn oder Nucleïnsäure enthalten, während der Kern der Eizellen in vielen Fällen — wenn auch nicht in allen — sehr wenig Nucleïn besitzt, und man kann sich der Vorstellung kaum verschliessen, dass das Eindringen dieses Stoffes für die Bildung neuen organisirten Materials durch die weibliche Zelle nöthig sei. Wie bedeutend die Anhäufung von Nucleïnsäure in den männlichen Sexualzellen sein kann, geht aus folgender Analyse Miescher's (17) hervor:

In 100 Theilen Spermatozoën des Lachses

Nucleïnsäure	48,68
Protamin	26,76
Eiweissstoffe	10,32
Lecithin	7,47
Cholesterin	2,24
Fett	4,53
	100,00

Die Verbindung der Nucleïnsäure mit dem Protamin beträgt mehr als 75 Procent der Gesammtmenge der Spermatozoën.

Die in dem Nucleïn enthaltene Atomgruppe des Adenins zeigt gewisse Eigenthümlichkeiten, welche mit der eben besprochenen physiologischen Bedeutung des Nucleïns in Zusammenhang gebracht werden können. Das Adenin, ein Polymeres der Blausäure, wird unter gewissen Bedingungen, die in der lebenden Zelle auch vorhanden sein können, in eine Substanz übergeführt, welche die Neigung hat, sich in complicirte Verbindungen zu verwandeln. Es bildet sich in diesem Falle aus einer einfachen sauerstofffreien Substanz eine höhere sauerstoffhaltige Verbindung und man kann diese Reaction leicht im Reagensglase vollziehen. Ich habe die Vermuthung ausgesprochen (20, XII S. 251), dass ein ähnlicher Vorgang auch in der lebenden Zelle verlaufe und zum Aufbau complicirter organischer Verbindungen, besonders der Eiweisskörper, führe.

Nachdem wir die primären Bestandtheile der Zelle kurz betrachtet haben, wollen wir die Frage aufwerfen: Welche chemischen Veränderungen gehen in der Zelle vor, wenn dieselbe ihren ursprünglichen Charakter verliert und die besonderen Eigenthümlichkeiten an-

nimmt, welche ihrer physiologischen Function und ihrem Gewebssystem entsprechen, wenn sie sich z. B. zur Muskel- oder Drüsenzelle ausbildet?

Die chemische Veränderung der Zelle, welche hiebei erfolgt, kann dreierlei Art sein:

Erstens können gewisse primäre Bestandtheile an Menge beträchtlich zunehmen, dies ist z. B. bei den markhaltigen Nervenfasern zu beobachten. Die Umwandlung der ursprünglichen Zellen in diese nervösen Organe geht mit einer beträchtlichen Vermehrung von Lecithin und Cholesterin Hand in Hand und die Nervenfasern erhalten durch das quantitative Vorwalten dieser und ähnlicher Stoffe ihren eigenthümlichen chemischen Charakter.

Zweitens können im Laufe der Entwicklung chemische Veränderungen der primären Bestandtheile eintreten. In den Zellen des embryonalen Muskels sind z. B. Eiweiss, Phosphorsäure und stickstoffreiche Basen zu einem chemischen Individuum, dem Nucleïn, vereinigt; in den fertigen Muskelelementen, die, wie wir später sehen werden, durch eine Umwandlung der ursprünglichen Zellen enstehen, finden wir dieselben Bestandtheile wieder, aber nicht mehr in chemischer Vereinigung mit einander, sondern jedes für sich[1].

Drittens können neue d. h. secundäre Bestandtheile zu den primären hinzutreten und dadurch den chemischen Charakter der ursprünglichen Zelle verändern. Als Beispiel seien genannt: der Blutfarbstoff, das Kreatin, das Fett.

Häufig finden sich alle drei Vorgänge neben einander. Für die Beurtheilung der chemischen Veränderungen, welche die Zelle im Laufe ihrer Entwicklung erfährt, ist es durchaus erforderlich, dass man folgende von Virchow zuerst angedeutete Eintheilung der Gewebsstoffe im Auge behält.

Man kann alle Substanzen, welche die Zelle bilden, nach ihrer Bedeutung für die Ernährung in zwei Gruppen theilen, die freilich nur in ihren Extremen scharf zu sondern sind. Zur ersten Gruppe gehören Stoffe, welche in ihrem Auftreten oder in ihrer Menge von der Ernährung und den physiologischen Leistungen der Zelle abhängig sind, die sich vermehren, vermindern oder verschwinden können, ohne eine bleibende Veränderung derselben zu hinterlassen: „Verbrauchstoffe“. Andere hingegen bilden als „Dauerstoffe“ einen festen

---

1) Daneben bleibt eine geringe Menge Nucleïn in den Muskeln unverändert erhalten.

und unabänderlichen Bestand in den Geweben, dessen Menge nicht von dem jeweiligen Ernährungszustand abhängig ist.

Sowohl primäre als secundäre Bestandtheile können Dauerstoffe oder Verbrauchsstoffe sein, indess verschwinden die primären Bestandtheile niemals völlig, solange das Gewebselement fortpflanzungsfähig bleibt. Wir können oft bei primären Bestandtheilen der Zelle die Beobachtung machen, dass zwar die Menge dieser Stoffe beträchtlichen Schwankungen unterworfen ist, dass aber ein gewisser Theil derselben der Zelle nie entrissen werden kann. Dies ist z. B. bei den Eiweissstoffen zu beobachten, und man hat den leichter zersetzlichen Theil der Eiweisskörper der Zellen als „circulirendes" Eiweiss von dem resistenten „Organeiweiss" unterscheiden (Voit). Die Unterscheidung dieser physiologisch verschiedenen Eiweissarten beruht auf sicheren Beobachtungen, aber die Annahme, dass das Verbrauchs-Eiweiss „circulire", lässt sich nicht vertheidigen; man muss das Letztere vielmehr ebenso wie das „Organeiweiss" als Bestandtheil der Zelle betrachten.

Als typische Verbrauchsstoffe treten z. B. die Kohlehydrate auf, insbesondere das Glykogen, während das in den markhaltigen Nervenfasern abgelagerte Cholesterin, Lecithin und Cerebrin hinsichtlich seiner Quantität keinen Schwankungen unterworfen ist, also für das Nervengewebe als Dauerstoff bezeichnet werden muss. Auch die Menge des Nucleïns scheint sich beim Wechsel des Ernährungszustandes nicht zu verändern.

Die secundären Bestandtheile der Zelle.

Einzelne dieser Stoffe sind wie das Fett einer grossen Zahl verschiedenartiger Zellen gemeinsam, andere finden sich nur in einzelnen Gewebsarten vor, wie z. B. der Blutfarbstoff, das Chondromucoid, Collagen. Wir werden diese letzteren Stoffe bei den betreffenden Geweben zu besprechen haben.

Die Fette[1] werden nicht allein von aussen in die thierischen Zellen aufgenommen, sondern auch im Innern derselben gebildet. Sie finden sich in Form grösserer oder kleinerer Tröpfchen in der Zelle vor. Gewisse Zellen sind — wie in einem späteren Abschnitt auseinandergesetzt wird — für die Anhäufung des Fettes besonders ge-

---

[1]) Näheres über die Fette siehe in dem Capitel über die Chemie der Bindegewebsgruppe.

eignet, in ihnen tritt die ganze Zellsubstanz an Masse sehr zurück gegenüber dem grossen Fetttropfen, der sie erfüllt. Die Anhäufung des Fettes in den Zellen ist nicht nur ein physiologischer Vorgang, der für die Ernährung des Thierkörpers von der grössten Wichtigkeit ist, sondern in manchen Fällen auch ein Zeichen krankhafter Processe, welche die Zellen ergreifen. Die Menge des Fettes ist je nach dem Ernährungszustand bedeutenden Schwankungen unterworfen.

Die verschiedenen Repräsentanten der Kohlehydratgruppe können einander, wie es scheint, in den Zellen vertreten. Besonders häufig findet man das Glykogen ($C_6 H_{10} O_5$), welches sich in jungen Zellen in der allgemeinsten Verbreitung nachweisen lässt. Wie bereits früher erwähnt, gehört es dem Cytoplasma, nicht dem Kern, an und ist zuweilen durch die ganze Masse desselben vertheilt, zuweilen auch als glänzende hyaline Masse von zähflüssiger Beschaffenheit erkennbar. Das Glykogen kann im Innern der Zelle aus anderen Nahrungsstoffen, besonders aus Kohlehydraten und aus Eiweiss gebildet werden. Gewisse Zellen, zum Beispiel die der Leber, haben eine Neigung zur Aufspeicherung dieser Substanz in ihrem Innern. In manchen Zellen, z. B. in den Spermatozoën, fehlen freie Kohlehydrate, indess konnte ich nachweisen, dass hier ein Stoff vorhanden ist, der als eine Verbindung von Kohlehydrat (und zwar von Milchzucker) mit einem andern Atomcomplex aufgefasst werden muss — nämlich das Cerebrin. Wir werden bei der Betrachtung des Gehirns auf diesen Körper zurückkommen.

In weiter Verbreitung in den thierischen Geweben finden sich im Uebrigen noch: der Inosit, das Taurin, die Milchsäure, Bernsteinsäure, Ameisensäure, Essigsäure und gewisse anorganische Stoffe, insbesondere das Kochsalz.

Der Inosit gehört der aromatischen Gruppe an, er besitzt die Zusammensetzung $C_6 H_{12} O_6$ und ist als ein secundärer, sechsatomiger Alkohol zu betrachten. Er erscheint in Krystallen, welche leicht in Wasser, nicht in Alkohol und Aether löslich sind.

Das Taurin, dessen Eigenschaften und Krystalle im ersten Bande S. 287 angeführt sind, hat die Formel $CH_2 NH_2 \cdot CH_2 SO_2 OH$. Auch bezüglich der Milchsäuren, deren Formel $CH_3 \cdot CHOH \cdot COOH$ ist, muss auf den ersten Band S. 294 verwiesen werden.

Die Bernsteinsäure $COOH \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH$, bildet Krystalle, welche in Wasser ziemlich leicht löslich sind, die Ameisensäure $CH\ OOH$ und die Essigsäure $CH_3 \cdot COOH$ sind im ersten Band besprochen (S. 291 u. 292).

Die Beziehung dieser Stoffe zu den morphologischen Bestandtheilen der Gewebe und ihre quantitativen Verhältnisse sind noch fast völlig unbekannt.

Quantitative Zusammensetzung der Zelle.

Als Beispiel für die quantitative Zusammensetzung einer Zelle, die aus Cytoplasma und Kern besteht, sei eine Analyse der Eiterkörperchen von Hoppe-Seyler angeführt (23, S. 490). Derselbe fand in 100 Gewichtstheilen organischer Substanz der Eiterkörperchen:

Eiweissstoffe . . .	13,762
Nucleïn	34,257
Unlösliche Stoffe . .	20,566
Lecithin, Fette	14,383
Cholesterin	7,400
Cerebrin	5,199
Extractstoffe . . .	4,433

In der Asche fand sich Kalium, Natrium, Eisen, Magnesium, Calcium, Phosphorsäure und Chlor.

Veränderungen beim Tode der Zelle.

Sobald der Tod der Zelle eingetreten ist, erfolgen chemische Veränderungen in derselben, welche zur Zersetzung einzelner Bestandtheile führen, selbst ohne Mitwirkung der Fäulniss. Es treten Fermente auf, welche das Glycogen und andere Kohlehydrate umwandeln, ferner beginnt eine spontane Zersetzung des Nucleïns, die sich durch chemische Analyse leicht nachweisen und quantitativ verfolgen lässt (20, VII S. 7 u. f.). Wenn die abgestorbenen Zellen der Einwirkung von alkalischen Körperflüssigkeiten einige Zeit ausgesetzt bleiben, so tritt zuweilen die eigenthümliche Quellung des Nucleïns ein, welche man auch künstlich durch Kochsalzlösungen hervorrufen kann. Man erhält auf experimentellem Wege aus dem Nucleïn einen Schleim, so zähe, dass man ihn mit der Scheere zerschneiden muss, um ihn zu zertheilen. Ganz dieselbe Veränderung der Kernsubstanz kann auch in dem Eiter eintreten, der einige Zeit innerhalb des Körpers, z. B. in der Brusthöhle angesammelt war, man hat diese Quellung des Eiternucleïns fälschlich als schleimige Degeneration bezeichnet.

Nach einiger Zeit sieht man auch wohl in der abgestorbenen Zelle oder in ihrer Umgebung Krystalle auftauchen, die meist aus Cholesterin und Fettsäuren bestehen, in Folge tiefer greifender Zersetzungsprocesse bildet sich zuweilen eine Ausscheidung von Leucin und Tyrosin. —

DRITTES CAPITEL.

Das Epithelgewebe.

Allgemeines.

1) Das Epithelgewebe besteht aus mehr oder weniger stark differenzirten Zellen, die durch eine geringe Menge von Intercellularsubstanz (Kittsubstanz) verbunden werden.

2) Das Epithelgewebe findet sich erstens als Oberflächenbekleidung. Es liegt daher an der äusseren Oberfläche des Körpers (Oberhautepithel, Epidermis) und an der inneren Oberfläche (Verdauungstractus, Respirationstractus, Canäle der Harn- und Geschlechtswege). Von diesen Flächen aus senkt sich das Epithel zweitens vielfach in die Tiefe oder tritt nach aussen hin vor, es bildet Fortsätze (innere und äussere), die als Anhänge erscheinen würden, wenn es möglich wäre, die betreffende Oberflächenplatte mit ihnen von allem übrigem Gewebe zu befreien. Dieselben können von der Oberhaut als festere Horngebilde abgehen: Haare, Federn, Stacheln, Borsten, Schuppen, Hörner etc., ferner Nägel, Klauen, Krallen, Hufe etc., oder als weichere haarähnliche Bildungen, z. B. die Epithelfortsätze auf den Papillae filiformes der Zunge. Sie erscheinen ferner als sehr verschieden grosse und verschieden gestaltete mehr oder weniger massive Körper: Drüsen, welche durch hohle Gänge, die Ausführungsgänge, mit der Oberflächenschicht verbunden sind. — In einem nur entwicklungsgeschichtlich nachzuweisenden Zusammenhange steht das Sinnesepithel des Auges und Ohrs, sowie die Linse des Auges und das Epithel der Höhlen des Centralnervensystems mit

dem die äussere Oberhaut bedeckenden. Auch diese Gebilde sind durch Einstülpungen und Faltungen entstanden.

3) Das Epithel sitzt stets auf einer bindegewebigen Grundlage auf, und wird von dieser aus ernährt. Demgemäss ist es immer gefässlos; doch können unter Umständen Blutgefässe von nur sehr wenig Bindegewebe begleitet weit in dasselbe vordringen, so in der Stria vascularis des Ohres und in der Stäbchen- und Zapfenschicht der Retina des Aals. Lymphströmungen finden sich indessen sicher in der Kittsubstanz zwischen den Zellen, welche letzteren auf diese Weise ihrem Stoffwechsel genügen können.

4) Ein Zusammenhang der Epithelzellen mit Nervenfasern ist zwar schon oft behauptet, indessen nur bei den Sinnesepithelien bis jetzt in wenigen Fällen constatirt worden. Es ist daher auch noch durchaus nicht eine Hypothese als zu Recht bestehend anzusehen, welche einen directen Einfluss des Nervensystems auf den Stoffwechsel der Epithelzellen behauptet.

5) Sehr häufig ist die dem Bindegewebe zugewandte Seite der Epithelzellen anders beschaffen als die ihr abgewandte, beide zeichnen sich dann auch vor den seitlichen Theilen aus. Verschiedenheiten, die bedingt werden durch die jedesmaligen localen Verhältnisse, namentlich auch durch den vom Bindegewebe ausgehenden Ernährungsstrom. Daraufhin eine besondere Polarität der Epithelzelle anzunehmen (Hatschek), scheint mir überflüssig.

6) Das dem Bindegewebe zugewendete Ende der Zelle ist von diesem sehr häufig durch eine mehr oder weniger deutlich hervortretende homogene Schicht getrennt, welche sich auch in manchen Fällen als eine besondere, mitunter recht feste, Haut darstellen lässt: die Basalmembran, Basement membrane, Membrana propria. Ob diese als Cuticularausscheidung von dem Epithel aus entsteht, oder ob sie als eine äusserste Schicht des Bindegewebes aufzufassen ist, darüber gehen die Ansichten noch vielfach auseinander, vielleicht ist bald dieses, bald jenes anzunehmen. — Dieselbe kann von Lymphgefässen und Nerven durchbrochen werden und bietet für die Ernährung kein Hinderniss.

7) In den Häuten, welche die Epithelzellen durch ihre Aneinanderlagerung bilden, den Epithelien, können sich noch folgende nicht epitheliale Formelemente finden:

a) Elemente, die bleibend vorhanden sind, falls sie überhaupt an der betreffenden Stelle vorkommen:

Nervenendigungen: marklose Axencylinder, die zwischen den Zellen hinziehen und schliesslich frei endigen.

Bindegewebszellen, zuerst eingewandert, dann festliegend, gewöhnlich von stark verästelter, sternförmiger Gestalt, häufig ihre Form verändernd bis zur einfachen Kugel. Dieselben enthalten sehr gewöhnlich Pigmente, welche sie eventuell auch an die Epithelzellen abgeben, und so diese pigmentiren.

b) Elemente, welche an den Stellen, an denen sie vorkommen, bald vorhanden sind, bald wieder fehlen:

Lymphkörperchen, welche sehr verschiedene Formen zeigend theils zwischen, theils in den Epithelzellen liegen. Eventuell würden dieselben als Phagocyten zu betrachten sein.

Nichtzellige Bestandtheile, welche von der freien Oberfläche her zwischen die Zellen treten, wie Fett, Quecksilber etc.

Eintheilung der Epithelien.

Als unterscheidende Merkmale werden benutzt:

- die Form der Epithelzelle,
- die Art der Zusammenlagerung resp. Schichtung der Zellen,
- besondere Eigenthümlichkeiten der Zellen, sei es des Inhaltes, sei es einer Fläche.

Die Form der Zelle. Die Form der jungen Epithelzelle ist wie die jeder jungen Zelle, die Kugel. Die localen Verhältnisse (Function, Lagerung) bedingen die aus dieser Grundform hervorgehenden verschiedenen Formen der erwachsenen Zellen. Man unterscheidet von solchen hauptsächlich zwei Arten:

- die mehr platten bis kubischen Zellen, Pflasterepithelzellen (die ganz platten auch Plattenepithel genannt);
- die mehr cylindrischen Zellen vom Kubus aufwärts, Cylinderepithelzellen.

Modificirt werden diese Formen nicht unwesentlich durch verschiedene Einflüsse:

1) *Gegenseitiger Druck.* Die Zellen sind weich, liegen eng an einander, eine jede wächst, neue Zellen schieben sich ein, so entsteht ein Kampf um den Platz: die Zellen drängen sich, platten sich gegenseitig ab, wachsen in andere hinein; so bilden sich ausserordentlich verschiedene, mitunter sehr bizarre Formen.

2) *Aufspeicherung von Stoffen.* Zellen, welche bestimmte Stoffe produciren, können eine gewisse Menge derselben in ihrem Inneren anhäufen und in Folge der hiermit verbundenen Ausdehnung eine Gestaltsveränderung erleiden.

3) *Spannungsverschiedenheiten.* Zellen, welche hohle Organe (z. B. Blase, Darm) als Oberflächenbekleidung überziehen, werden ganz verschiedenen Spannungsgraden ausgesetzt sein, je nachdem das Organ ausgedehnt oder zusammengezogen ist. Diese Veränderungen können so bedeutende werden, dass eine Cylinderzelle zu einer platten Zelle sich umwandelt.

4) *Grösse der Organe.* Bei Zellen, welche zur Auskleidung von sich verästelnden und verfeinernden Röhren dienen, findet man häufig mit einer Abnahme des Durchmessers derselben eine Verringerung der Höhe der Zellen verbunden, die so weit gehen kann, dass Cylinderzellen zu platten werden. So in Ausführungsgängen von Drüsen, in der Trachea und den Bronchien.

Beweist das eben Mitgetheilte, dass die Form der Zelle für ihre locale Function häufig ziemlich gleichgültig ist, so zeigen andere Beispiele wieder, dass sie eine gewisse Bedeutung haben muss. So findet man, dass an manchen Stellen zwei Epithelarten mit ganz verschiedenen Formen in scharfer Grenze aneinander stossen (Oesophagus-Magen, Mastdarm-After etc.). Oder es liegt eine scharf begrenzte Epithelinsel von anders geformtem Epithel eingeschlossen (z. B. Stimmbänder), oder es verdrängt mitunter beim Wachsthum des Individuums ein Epithel das andere (Pflasterepithel im Schlundkopf das cylindrische Flimmerepithel).

Die Schichtung der Zellen. Bei dünnen Epithelüberzügen liegen die Zellen häufig in einer einzigen Schicht nebeneinander, das einschichtige Epithel, höchstens, dass junge Ersatzzellen in wechselnder Menge sich zwischen die unteren Enden der ausgewachsenen Epithelzellen einschieben. Finden sich solche junge Zellen in so grosser Menge, dass sie als eine eigene Schicht erscheinen, so können zwei Fälle eintreten: entweder die jungen Zellen liegen zwischen den verschmälerten Fussenden der ausgewachsenen eingeschaltet, das zweireihige Epithel, oder sie drängen die älteren Zellen von der Bindegewebsgrenze ab, so dass dieselben den Zusammenhang mit dem Bindegewebe verlieren, das zweischichtige Epithel. Finden sich von jüngeren Zellen verschiedene Entwicklungsstadien in so grosser Menge vor, dass sie deutlich hervortreten, so entstehen, dem Vorigen entsprechend, das mehrreihige und das mehrschichtige

Epithel. Es ist natürlich, dass die zwei- und mehrreihigen Epithelien sich nur aus Cylinderzellen aufbauen werden, während bei den mehrschichtigen sowohl Pflasterepithelzellen wie Cylinderepithelzellen zur Verwendung kommen können. Ein aus beiden Formen zusammengesetztes Epithel ist das gemischte oder Uebergangsepithel. Ich habe noch zu bemerken, dass die mehrreihigen Epithelien bisher gewöhnlich auch als mehrschichtige bezeichnet worden sind.

Besondere Eigenthümlichkeiten, Differenzirungen. Solche können sowohl das proximale und distale Ende der Zelle wie der Zellkörper zeigen.

Das proximale Ende kann eine Stäbchenstructur besitzen, das distale kann offen sein, während die übrige Zelle von einer Membran umhüllt ist, es kann einen Cuticularsaum tragen, der eventuell wieder eine feinere Differenzirung besitzt, es kann ausserdem Protoplasmafortsätze oder Härchen tragen etc.

Der Zellleib kann bestimmte in ihm producirte Stoffe beherbergen oder er kann im Ganzen eine chemische Umwandlung erleiden, welche ihn selbst zerstört, für den Gesammtorganismus aber von Nutzen ist (Drüsenzellen verschiedener Art, verhornte, verschleimte Zellen).

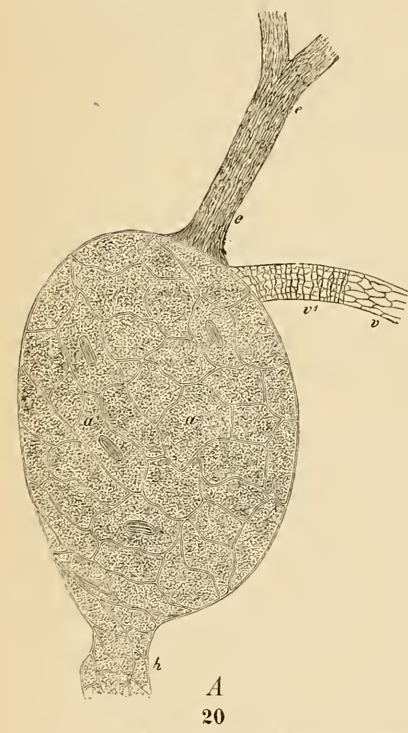
Da, wie wir eben gesehen haben, die Form der Epithelzelle von mannigfachen mehr zufälligen Momenten beeinflusst wird, so werde ich sie nicht als Haupteintheilungsprincip benutzen, ebensowenig wie die Art der Schichtung, sondern als solches das Auftreten, die besondere Art und das Fehlen charakteristischer, sichtbarer Differenzirungen wählen. Es wird dabei unvermeidlich sein, dass manche Zellen mehrfach erwähnt werden, falls sie eben nach verschiedenen Richtungen differenzirt sind, ebenso, wie es natürlich nicht ausgeschlossen ist, dass bei weiterer Untersuchung sichtbare Differenzirungen auch an solchen Zellen gefunden werden können, welche hier als nicht differenzirt aufgeführt werden. Trotz dieser durch die Natur des Gegenstandes bedingten Schwierigkeiten und Mängel, erscheint mir die gewählte Eintheilung rationeller und daher auch praktischer als die bisher gewöhnlich angenommene, welche im wesentlichen auf der Form und Schichtung beruhte.

A. Hellere oder dunklere mehr oder weniger körnige Zellen ohne eine sichtbare charakteristische Differenzirung.

1) **Einschichtiges plattes Pflasterepithel** findet sich an den folgenden Stellen: Bowman'sche Kapseln und enge Schleifenschenkel der Niere, Rete testis, Schaltstücke des Pankreas, feinste interlobuläre Gallengänge.

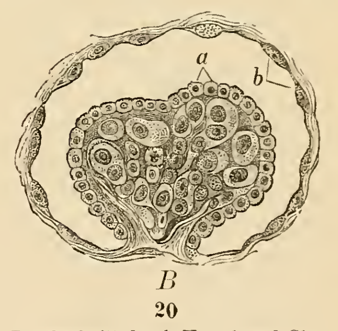
Als Beispiel möge das den Glomerulus überziehende Epithel der Bowman'schen Kapsel dienen. Wie man sieht (Figur 20) liegen flache polygonale kernhaltige Zellen durch geringe Mengen einer Kittsubstanz verbunden nebeneinander.

2) **Ein- bis zweireihiges kubisches bis cylindrisches Epithel.** Findet sich an folgenden Stellen: in den Drüsengängen der Prostata (kubisches bis cylindrisches), Drüsen der Ampulle des Vas deferens, Samenblasen, Ductus ejaculatorii (einreihig cylindrisch), Sammelröhrchen der Niere (einreihiges, helles, kubisches bis cylindrisches Epithel) Schaltstücke der Niere (einreihig, kubisch, mässig granulirt), Tubuli recti des Hodens (einreihig cylindrisch), Schaltstücke der Gl. submaxillaris (kubisch,



20

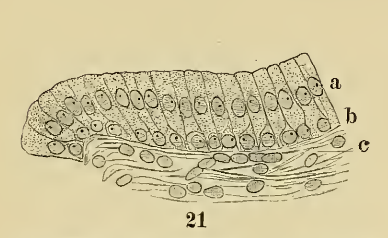
Bowman'sche Kapsel aus einer Kaninchenniere, versilbert und mit Carmin gefärbt. Die Epithelzellen der Kapselwand (a) zeigen theilweise Kerne (a'). Copie n. Ludwig. (Strickers Handbuch).



20

Durchschnitt durch Kapsel und Glomerulus aus der Niere eines Neugeborenen. a = Epithel auf dem Glomerulus, b = Epithel auf der Kapselwand. Copie n. Seng (14, Bd. 64 II).

starkgranulirt), grosse Ausführungsgänge der Speicheldrüsen incl. Pankreas (einreihig cylindrisch), mittlere und grössere interlobuläre Gallengänge (kubisch bis cylindrisch), Milchgänge der Mamma (einreihig cylindrisch). Als Beispiel für den Bau eines zweireihigen Cylinderepithels möge das des Vas deferens dienen (Figur 21 und 22). Wie man erkennt, gehen die ausgewachsenen Zellen (bei *a*) vom Lumen bis zur Bindegewebsgrenze durch, während zwischen ihren verschmälerten Fussenden die Er-



Vas deferens vom Menschen, Querschnitt, Epithel. Vergr. 388. a = ausgewachsene Zellen; b = Ersatzzellen; c = Bindegewebe der Mucosa.

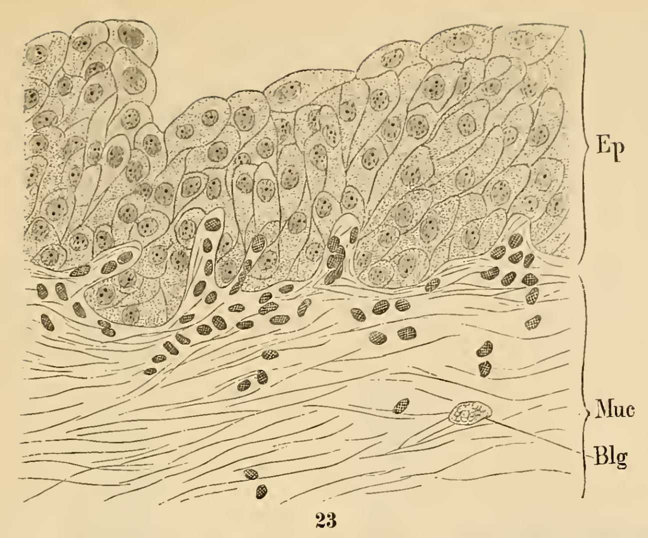


Vas deferens vom Menschen, Epithelzellen isolirt nach Behandlung mit MÜLLER'scher Flüssigkeit. Vergr. 525. Buchstaben wie in Figur 21.

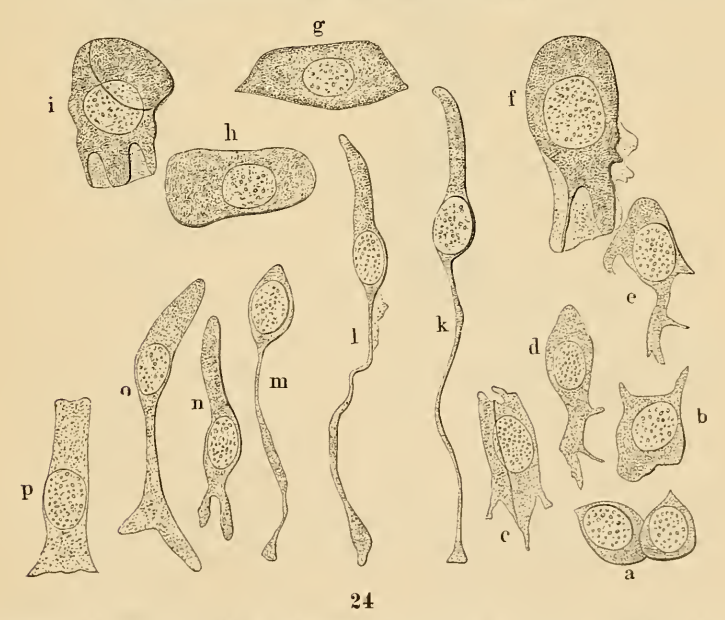
satzzellen (bei *b*) sich befinden. Figur 22 zeigt die einzelnen Zellformen isolirt, man bemerkt, wie mannigfaltig die Grundform durch den gegenseitigen Druck modificirt worden ist.

3) **Einschichtiges Pflasterepithel bis Cylinderepithel** findet sich im inneren Ohr.

4) Das **gemischte** oder **Uebergangsepithel.** Ein ganz eigenartiges Epithel, bei welchem die dem Bindegewebe zunächst aufsitzende Hauptmasse aus einem Cylinderepithel mit sehr verschieden langen Zellen besteht, zwischen denen kleinere mit mehr abgerundeten Köpfen sich in die Höhe schieben, um schliesslich ein oder zwei Lagen von kurzen, mehr breiten, oben abgerundeten Zellen zu bilden, die gleich einer Decke auf dem Cylinderepithel aufsitzen. Aus dem eben Gesagten geht schon hervor, dass die Mannigfaltigkeit der Zellformen bei dieser Epithelart eine sehr grosse sein wird. Ein Querschnitt (Figur 23) giebt von den Formen der Zellen keine Anschauung, lässt nur erkennen, wie sich dieselben im Wachsthumsdrange durch einander schieben, namentlich, wenn man die Formen der isolirten Epithelzellen (Figur 24) dagegen hält. Bei *a* sieht man Zellen der tiefsten Schicht, zu denen vielleicht auch noch die bei *b* und *c* gehören, *p*, *o*, *n*, *m*, *l*, *k* stellen Cylinderzellen verschiedener Grösse dar, die theilweise keulenförmig erscheinen, *i* und *f* sind relativ lange Elemente der



Epithel der menschlichen Harnblase, Querschnittsbild aus der contrahirten Blase. MÜLLER'sche Flüssigkeit, Alkohol, Celloidin, Alauncarmin. Vergr. 388. Blg = Blutgefäss; Ep = Epithelschicht; Muc = Mucosa.



Epithelzellen aus der Harnblase des Menschen, isolirt nach Behandlung mit MÜLLER'scher Flüssigkeit, in Wasser. Vergr. 525. a = kleine Basalzellen; b. c = kleine Zellen aus der Cylinderschicht; d, e = Zellen ebendaher, welche den grossen Deckzellen ähneln und vielleicht zu solchen werden; f, i = Deckzellen von der Seite; g, h = Deckzellen von der Oberfläche; k, l, m, n, o, p = verschieden lange und verschieden geformte Zellen aus der Cylinderschicht.

äussersten, resp. vorletzten Schicht, *h* und *g* mehr platte derartige, die sich dem entsprechend von ihrer oberen Seite her präsentiren; *d* und *e* sind wahrscheinlich Zellen, welche noch zwischen den Cylinderzellen gelegen, im Durchtritt nach oben begriffen sind. Bei dem starken Durcheinanderwachsen dieser verschiedenen Elemente findet man gerade in diesem Epithel Gelegenheit, die Wirkung des gegenseitigen Drucks auf die Zellform zu studiren: scharfe Kanten, welche gleich Linien über die Zellen hinlaufen (*c* und *i*), mannigfache Zacken und Ausläufer, stark verdünnte Partien der Zellen, welche Nischen oder Höhlungen in denselben umgeben (*l*, *i*, *f*). — Die Zellen der obersten Schichten lösen sich leicht ab, namentlich auch bald nach dem Tode, so dass dann an vielen Stellen die Cylinderschicht frei liegt. — Bei der ev. Ausdehnung des von diesem Epithel ausgekleideten Organs verändern sich die Formen der einzelnen Zellen bis zur Unkenntlichkeit, indem dieselben zu relativ platten Gebilden werden (vergl. Harnblase). — Dieses Epithel, das beim Menschen und den höheren Säugethieren niemals Becherzellen aufweist (wohl aber bei Amphibien, Fischen), kommt beim Menschen vor in den ableitenden Harnwegen: Nierenkelchen, Nierenbecken, Ureteren, Blase, Anfang der männlichen Harnröhre (etwa bis zum Caput gallinaginis), mitunter auch im Anfange der weiblichen.

B. Die Zellen zeigen eine Differenzirung.

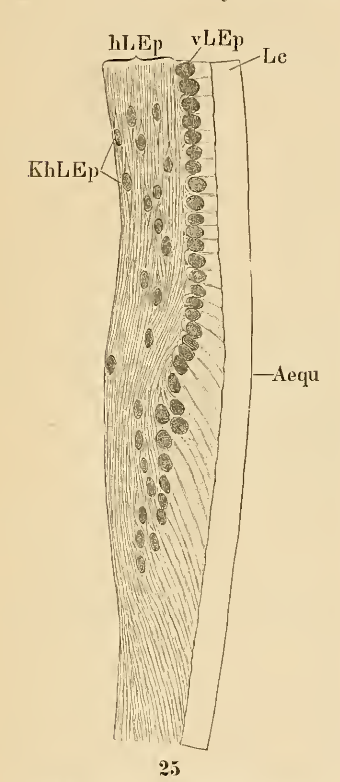
I. Differenzirung des ganzen Zellleibes.

1) Der Zellleib zeigt eine charakteristische Formänderung.

a) Das **Linsenepithel**. Dieses geht ursprünglich aus dem geschichteten Pflasterepithel der Oberhaut hervor, nimmt aber bei weiterer Ausbildung eine ganz eigenthümliche und charakteristische Form an, indem die in der hinteren Hälfte der Linse in einfacher Reihe neben einander liegenden cylindrischen Zellen zu langen, faserartigen, bandartig platten Gebilden auswachsen mit mehr oder weniger stark gezähnelten Rändern, deren Zacken in einander greifen oder sich gegenüber stehen ohne sich jedoch zu berühren, da sie durch eine Schicht von Kittsubstanz getrennt sind. Figur 25 zeigt diese Anordnung auf einem meridional gelegten Schnitte, Figur 26 isolirte Zellen mit deutlichen Zacken. Die in der vorderen Linsenhälfte liegenden Zellen (*v L Ep*) sind kubisch, werden am Aequator (*Aequ*) cylindrisch und gehen so allmählich in die eben beschriebenen Fasern

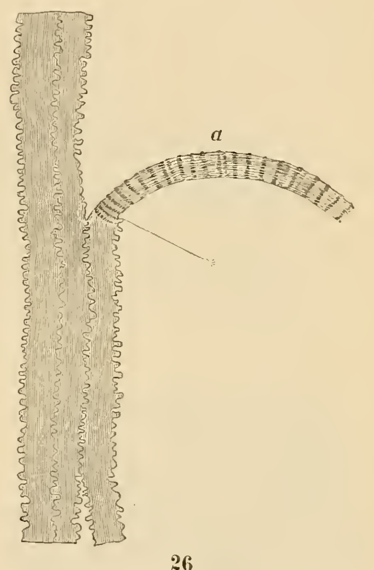
über (Figur 25). Das gesammte Epithel ist von einer homogenen Basalmembran, der Linsenkapsel (*Lc*), umgeben (vergl. „Linse“ unter „Sehorgan“).

b) Die **Stützsubstanz des Centralnervensystems**, zu welcher auch die das Höhlensystem desselben auskleidenden Zellen (Epithel des Centralkanals, das Ependymaepithel der Gehirnventrikel und Epithel der Plexus chorioidei) gehören, geht ursprünglich aus einem einfachen Cylinderepithel hervor (Spongioblasten, His), dessen Zellen bei der weiteren



25

Stück eines Meridionalschnittes durch d. Linse d. erwachsenen Menschen. Vergr. 224. Aequ = Aequator; h L Ep = hinteres Linsenepithel; K h L Ep = Kerne des hinteren Linsenepithels; L c = Linsenkapsel; v L Ep = vorderes Linsenepithel.



26

Isolirte Fasern der Fischlinse (Cyprinus Carpio), bei a sieht man infolge einer plötzlichen Umbiegnng bei (*) die auf einander liegenden platten Zellen von der Kante. Vergr. 388.

Entwicklung ganz specifische und complicirte Formen annehmen (vergl. auch „Sinnesepithel“ und wegen des Näheren „Nervengewebe“).

2) **Das Protoplasma der Zelle zeigt Einlagerungen, dauernd oder periodisch.**

a) **Die Einlagerungen sind dauernd** In einer Anzahl von Zellen findet sich ein gefärbtes Pigment in Form von mehr rundlichen oder mehr länglich crystallähnlichen Körnchen eingelagert (Pigment-

epithel der Retina), in anderen ist das Pigment mehr diffus (pigmentirte Zellen der Oberhaut und der Haare).

b) **Die Einlagerungen sind periodisch.** Hierzu gehören die meisten Drüsenzellen. Dieselben produciren aus der durch das Blut ihnen zugeführten Nahrung bestimmte Stoffe, welche, nachdem sie mehr oder weniger lange Zeit sich in der Zelle angehäuft haben, aus derselben austreten. Die Form dieser Zellen ist kubisch bis cylindrisch, die Erscheinungsweise des in ihnen angehäuften Secrets ist sehr verschieden (Körnchen, mehr oder weniger grosse Bläschen), das Nähere wird bei der Beschreibung der einzelnen Drüsen angegeben werden (vergl. auch weiter unten „Becherzellen"). Sind die Stoffe entfernt, so erscheint die Zelle wieder mehr oder weniger rein protoplasmatisch, es werden von Neuem Stoffe gebildet, und so fort. Ist es in manchen Fällen z. B. in manchen Schleimdrüsen auch wahrscheinlich, dass die Zelle jedesmal bei der Secretion zu Grunde geht, so ist dies doch noch nicht sicher nachgewiesen und in den meisten Fällen bleibt die Zelle wohl erhalten, ohne dass man freilich über die Dauer ihres Lebens Bestimmteres aussagen könnte.

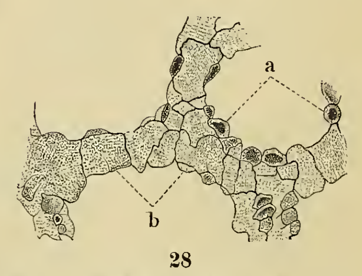
3) **Die ganze Zelle wird so verändert, dass sie den Werth einer Zelle verliert.**

a) **Die Zellen werden zu kernlosen hellen Platten.** Eine solche Differenzirung zeigt sich in dem respiratorischen Epithel (Kölliker) der Lunge. Dasselbe ist ein einfaches Pflasterepithel (Figur 27 und 28), in welchem kleine protoplasmatische kernhaltige Zellen eingestreut zwischen grossen hellen kernlosen Platten liegen, welche häufig noch durch



27

Lungenalveolen mit respiratorischem Epithel von einem Hingerichteten, versilbert. Vergr. 200. Nach Kölliker (36, N. F. XVI).

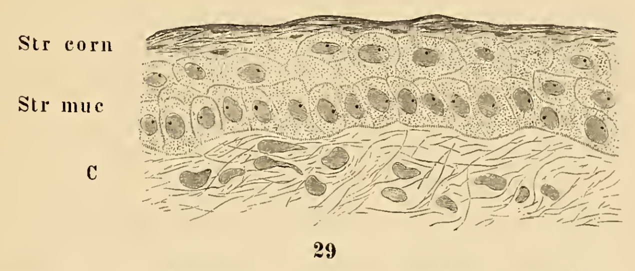


28

Epithel der Begrenzungsränder von Lungenalveolen mit Silber und Essigsäure. Von einem Hingerichteten. Vergr. 200. Nach Kölliker (36, N. F. XVI).

kürzere oder längere von der Grenze hereinziehende Linien leicht zertheilt erscheinen. Den Uebergang zwischen diesen beiden Elementen bilden kleine helle kernlose Platten. Man nimmt an (Elenz, Fr. E. Schulze, Kölliker), dass die kernhaltigen Zellen sich zunächst in die kleinen kernlosen Plättchen umwandeln und dass diese dann zu grösseren Platten verschmelzen.

b) **Die Zellen verhornen.** Dieser Fall findet sich in dem mehrschichtigen Pflasterepithel, welches die Oberhaut (als Epidermis) und einige Schleimhäute überzieht. Die tiefste Schicht besteht aus mehr cylindrischen Elementen, dann folgen rundlich polygonale Zellen und auf diese plattere, im Querschnitt spindelförmige, welche noch weiter nach aussen in immer plattere Zellen übergehen, deren Kern rudimentär wird, resp. verschwindet. Hand in Hand mit dieser Umwandlung der



29

Schnitt durch die Fersenhaut eines menschlichen Embryo von 5 Monaten, Alkohol, Celloidineinbettung, Hämatoxylin. Vergr. 388. C = Bindegewebe der Cutis; Str corn = Stratum corneum; Str muc = Stratum mucosum.

Form geht eine solche der chemischen Beschaffenheit, indem die Zellen verhornen, in Keratin umgewandelt werden. Das Nähere über diesen Process wird bei der Haut mitgetheilt werden, hier möge zur ersten Orientirung ein Schnitt durch embryonale Epidermis dienen, bei der die Schichtenzahl noch weit geringer ist wie später (Figur 29). Das Stratum mucosum (Str muc) umfasst die jüngeren Zellen, das Stratum corneum (Str corn) die älteren verhornenden. Die feine Strichelung zwischen den jugendlichen Zellen deutet feine protoplasmatische Fortsätze an, welche von den Zellen ausgehen, um sich mit denen benachbarter zu verbinden (Stachel- und Riffzellen, Näheres bei Haut). Die verhornten Zellen der äussersten Lage werden fortdauernd abgestossen und durch neue ersetzt. Die verhornten Schichten bilden eine für den Körper wichtige sehr widerstandsfähige Schicht. Dieses Epithel findet sich: auf der gesammten Oberhaut (hier Epidermis genannt), woselbst aus ihm die Haare und Nägel hervorgehen, auf der Conjunctiva, Cornea, in den

Thränenkanälchen, im äusseren Gehörgange, im knorpeligen Theile der Nase und dem unteren Ende des Thränennasenganges, in der Mundhöhle, dem grössten Theil des Pharynx, der Speiseröhre bis zum Magen hin, auf den wahren Stimmbändern und sonst im Kehlkopf zerstreut (s. „Kehlkopf"), auf den äusseren weiblichen Genitalien, in der Scheide herauf bis zum Ende des Cervix uteri (die Grenze liegt hier verschieden hoch), in der Fossa navicularis der männlichen Urethra, in der weiblichen Urethra, am After und im Rectum, soweit als die Columnae recti s. Morgagni gehen.

In der Vaginalschleimhaut einiger Nager (Mus musculus L., Mus ratus L., Mus decumanus Pallas, Meriones Schavii Duvernoy, Cavia porcellus L., Lepus cuniculus) ist von Morau zusammenhängend mit den periodischen Veränderungen der inneren Genitalien eine **Verschleimung** nachgewiesen worden, welche darin besteht, dass nach Abstossung der äusseren Schichten die Zellen der tiefsten Schicht zu Schleimzellen umgewandelt werden, worauf sich später das Epithel wieder vollständig regenerirt. Wahrscheinlich wird dieser Vorgang eine weitere Verbreitung haben (s. „Vagina").

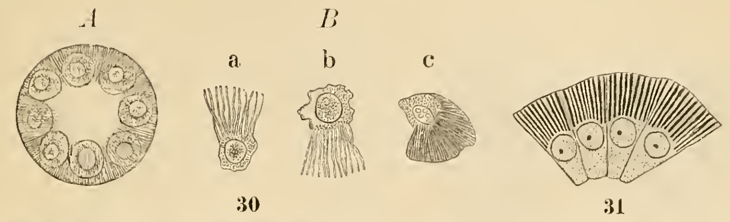
c) **Die Zellen verfetten.** Diese Umwandlung findet sich in bestimmten mehr oder weniger direct von dem Epithel der Oberhaut sich ableitenden Drüsen: den Talgdrüsen (Haarbalgdrüsen), Meibomschen Drüsen, Milchdrüsen. Der ganze Zellleib wird, während der Kern zu Grunde geht, in eine Menge von feineren und gröberen Fetttröpfchen umgewandelt. Entweder werden die so veränderten Zellen als solche aus der Drüse entleert oder sie zerfallen bereits in derselben in die einzelnen Tröpfchen, welche dann mit einer Flüssigkeit gemischt das Drüsensecret bilden.

d) **Die Zellen verkalken.** Dieser Vorgang findet sich bei dem Schmelzepithel (s. „Zähne"). Cylindrische Zellen werden durch Einlagerung bestimmter Kalksalze zu festen prismatischen Gebilden, welche einen zusammenhängenden Ueberzug über das Zahnbein bilden.

II. Differenzirung des proximalen Endes der Zelle.

Der proximale Theil zeigt eine Stäbchenstructur: Stäbchenepithel. In dem Protoplasma des proximalen Zellendes finden sich eine grössere Anzahl von stäbchenförmigen Gebilden, welche an der proximalen Grenze beginnend mehr oder weniger weit in das Protoplasma hineinragen. Je nach der Länge der Stäbchen bleibt ein grösserer oder geringerer Theil körnigen Protoplasmas an der

distalen Seite übrig, welcher auch den Kern einschliesst. Die Stäbchen, die sich in manchen Fällen isoliren lassen, sind als durch eine Differenzirung des Protoplasmas entstanden anzusehen. Solche Zellen



Querschnitt durch den Tubulus contortus einer Rattenniere. Vergr. 320.

Zellen aus dem Tubulus contortus der Rattenniere nach Isolirung mit chromsaurem Ammoniak. Vergr. 440. Die Protoplasmamassen sind hervorgequollen, die Stäbchen theilweise isolirt. Copie n. HEIDENHAIN (1, X).

Stäbchenepithel aus einem mittelgrossen Ausführungsgang der Gl. submaxillaris des Hundes. Alkoholhärtung, Lithioncarmin, Pikrinsäure. Vergr. 525.

finden sich in den gewundenen Harnkanälchen, in den breiten Schenkeln der HENLE'schen Schleifen, sowie in den Drüsengängen mittleren Calibers (Speichelröhren, PFLÜGER) der Speicheldrüsen. Als Beispiel mögen Zellen aus beiderlei Organen dienen (Figur 30 und 31).

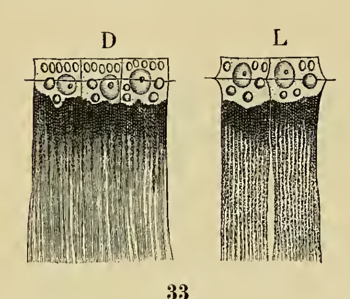
III. Differenzirung des distalen Endes der Zelle.

1) **Die Zelle trägt an ihrem distalen Ende eine grössere Anzahl von feinen protoplasmatischen Fortsätzen.** Ein derartiges Epithel ist das Pigmentepithel der Retina, soweit dasselbe auf der Stäbchen- und Zapfenschicht aufruht. Die Zellen, welche, wie oben (p. 71) schon erwähnt, ein geformtes Pigment enthalten, erscheinen in der Flächenansicht polygonal, gewöhnlich fünf- bis sechseckig (Figur 32), von der Seite gesehen (Figur 33) unterscheidet man deutlich einen proximalen helleren Theil, in welchem sich der Kern befindet, und einen distalen durch das Pigment dunkel erscheinenden, aus welchem eine grössere Anzahl feiner und langer protoplasmatischer Fortsätze hervorgeht, welche sich zwischen die Stäbchen und Zapfen einschieben. Das Protoplasma derselben hat, wie hier gleich bemerkt werden mag, die Fähigkeit, die Pigmentkörnchen fortzubewegen, so dass dieselben bald sämmtlich nur am Anfange der Fortsätze sich zusammengehäuft finden, bald



Pigmentepithel der Retina des Menschen, versilbert. Vergr. 130.

durch die ganzen Fortsätze bis an ihr äusserstes Ende hin vertheilt erscheinen. Der diese Bewegung auslösende Reiz ist das Licht (vergl. Figur 33 *D* und *L*, s. auch p. 36).

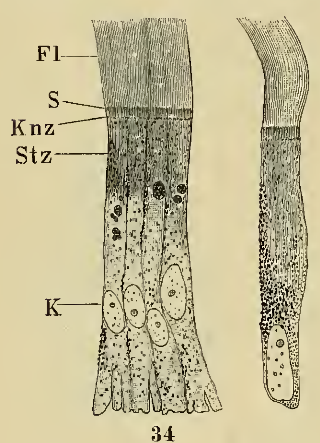


33

Pigmentepithel aus dem Centrum der Retina des Frosches. Copie nach ANGELUCCI (7. Physiol. Abthlg. Taf. IV. Figur 4 a und 3), *L* belichtet, *D* im Dunklen. Hartnack IX Immers.

2) **Die Zelle trägt an ihrem distalen Ende einen Besatz von feineren oder gröberen sich bewegenden Härchen: Cilien; Geisseln** (eine oder wenige dickere), **Wimpern, Flimmern: Flimmerepithel.** Das bekannteste Beispiel einer Geisselzelle beim Menschen und den höheren Thieren ist das Spermatosom (s. „männliche Geschlechtsorgane"), bei Amphibien, Plagiostomen, Cyclostomen finden sich solche Zellen in manchen Abschnitten der Niere. Als Beispiel einer Flimmerzelle mögen solche dienen, welche dem Darm von Anodonta entnommen sind (Figur 34).

Wie man bemerkt, sitzen die feinen, langen, dicht zusammenstehenden Härchen (*Fl*) auf dem oberen freien Ende der Zelle auf an einer Stelle, an der man eine Reihe von nebeneinander liegenden kleinen dunklen Pünktchen bemerkt, von denen jedes einem Härchen entspricht, die Knötchenzone (*Knz*); oberhalb dieser durchbohren die Cilien einen etwas dunkler erscheinenden Saum (*S*), unterhalb derselben zieht sich eine feine Streifung mehr oder weniger weit in das Protoplasma des Zellleibes hinein, wie es scheint, als unmittelbare Fortsetzung der Cilien, die Streifenzone (*Stz*). NUSSBAUM (1, XIV) ist es gelungen, bei den in Rede stehenden Zellen aus dieser Zone feine Stäbchen zu isoliren, welche die intracellulären Fortsetzungen der Cilien darstellen und bis zu den Knötchen hingehen.



34

Flimmerepithelzellen aus dem Darm von Anodonta. Augenblickshärtung in Ueberosmiumsäure 0,5 %, in Wasser zerzupft. Vergr. 525. Fl = Flimmerhärchen; K = Kern; Knz = Knötchenzone (Fussstücke); S = Saum; Stz = Streifenzone (Fadenapparat).

Nach den eingehenden Untersuchungen von ENGELMANN (6, XXIII, p. 505 ff.) lassen sich an dem Flimmerapparat die folgenden Ab-

theilungen unterscheiden (Figur 35). Der Wimperschaft (*Wsch*), der hier an seinem äussersten Ende ein kleines Knötchen trägt, das aber nur durch die Präparationsmethode entstanden ist, zeigt etwas über seinem unteren Ende eine längliche Anschwellung, den Bulbus (Figur 35 *A* B). Auf diesen folgt als ein sehr zartes kurzes Fädchen das Zwischenglied (*Zg*), welches in einem Knötchen, dem Fussstücke (*Fst*) endigt. Dieses ruht der Oberfläche des Zellkörpers unmittelbar auf und in diesen hinein geht von ihm ein Fädchen aus, die Wimperwurzel (*Ww*), welche mehr oder weniger weit in den Zellleib eindringt und in Gemeinschaft mit den anderen den Fadenapparat darstellt. Diese einzelnen Abtheilungen unterscheiden sich von einander durch ihre physikalischen Eigenschaften, indem sie theils stärker lichtbrechend und dabei positiv doppelbrechend sind: Wimperschaft und Bulbus, theils schwach lichtbrechend und einfach brechend: Zwischenglied, theils stark lichtbrechend und einfach brechend: Fussstück, während die Wimperwurzel wieder deutlich doppelbrechend ist (positiv einaxig, optische Axe zusammenfallend mit der Längsaxe, die Kraft der Doppelbrechung meist schwächer als die gleich dicker Muskelfibrillen, mitunter kaum geringer). Reagentien gegenüber, welche die Wimpern angreifen, sind die Fussstücke weit resistenter als jene, ohne jedoch die Widerstandsfähigkeit der echten Cuticulae zu erreichen. — Die Zwischenglieder werden am leichtesten zerstört, und in ihnen reissen die Wimpern daher auch gewöhnlich ab. Auch Farbstoffen gegenüber verhalten sich die verschiedenen Abtheilungen verschieden. — Diese complicirte Structur lässt sich übrigens nach Engelmann nicht bei allen Zellen nachweisen, es scheint auch solche zu geben, bei denen die Cilien unmittelbar dem Protoplasma aufsitzen. — Bei einer Anzahl von Zellen, namentlich wieder von Anodonta, gelang es Engelmann, zu sehen, dass, wie Figur 35 B es zeigt, der intracelluläre



35

Flimmerhärchen und Fadenapparat, Copie n. Engelmann (6, XXIII). Vergr. 1000. *A*. Stück einer Flimmerzelle aus der Nasenhöhle von Rana temporaria, 24 Stunden in Müller'scher Flüssigkeit. *B*. Fadenapparat einer Flimmerzelle aus dem Darm von Anodonta, Kaliumbichromat 4 %, ziemlich vollständig isolirt. B = Bulbus; Fst = Fussstück; Wsch = Wimperschaft; Ww = Wimperwurzel; Zg = Zwischenglied.

Fadenapparat sich konisch zuspitzt und in einen dünnen faserartigen Fortsatz ausgeht, der an dem Kerne vorbeiziehen und weiter unten in dem Zellkörper endigen kann. Mit bestimmten Reagentien (Kaliumbichromat 4%, Kochsalzlösung 10%) liess sich der ganze Fadenapparat aus der Zelle isoliren; Figur 35 B stellt ein so gewonnenes Präparat dar, bei dem noch der Kern und etwas Zellprotoplasma an dem Faserkegel haftet. Bei anderen Zellen liess sich ein solcher Konus nicht nachweisen und die Fäserchen endigten, wie das in Figur 35 A dargestellte Zellstück es zeigt und ebenso Figur 34, oberhalb des Kerns frei im Protoplasma. Was Säugethiere anlangt, so zeigten einige Flimmerzellen aus dem Trachealepithel des Kaninchens (24 Stunden in Drittelalkohol) eine zarte, parallele Längsstreifung im oberen Drittel der Zellen. Den Saum fasst ENGELMANN auf als entstanden durch die eng zusammenliegenden Bulbi. — Es ist ja nun möglich, dass diese oder auch vielleicht die Fussstücke resp. Knötchen einen zusammenhängenden Saum vortäuschen können, indessen scheint es mir, dass in vielen Fällen, vielleicht immer, wirklich noch eine homogene Masse, ein wirklicher Saum, zwischen den unteren Enden der Cilien existirt. Es sprechen hierfür auch jene Bilder, welche (vergl. Figur 40 d) den obersten, Cilien und Saum umfassenden Theil (α'') von der übrigen Zelle (α') gleich einem Deckel abgehoben zeigen; es muss hier doch eine zwischen den Cilien befindliche Masse vorhanden sein, welche dieselben fest zusammenhält und welche so starr ist, dass sie, wie die Figur erkennen lässt, an dem Saum der Nachbarzelle anhaftend, in der Lage bleibt. Die den Fadenapparat andeutende Streifenzone erkennt man an beiden Zellen der Figur. Der Saum muss durchsichtig sein, denn bei der Ansicht schräg von oben kann er völlig unsichtbar werden (Figur 36 a′), wie die beistehende Figur zeigt. Allerdings ist hier der Saum nur sehr schmal (*a*).



Epithelzellen aus d. Pars respiratoria d. Nase vom Menschen. Vergr. 525. a = Flimmerzelle mit Saum und Andeutung des Fadenapparats; a′ = ebensolche Zelle von oben gesehen, Fadenapparat und Saum nicht sichtbar; b = Becherzelle; c, d = Ersatzellen.

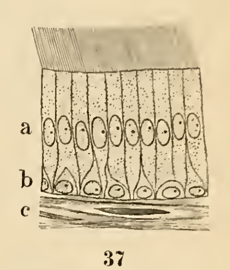
Der intracelluläre Fadenapparat würde als ein besonders differenzirter Theil des Protoplasmas (Cytomitoplasmas) aufzufassen sein, der sich natürlich auch Reagentien gegenüber anders verhalten wird als das Uebrige, und eventuell sich von diesem isoliren kann. Aehnliche Differenzirungen finden sich auch bei anderen, so bei den stäbchentragenden Darmepithelien (s. unten). In allen Fällen, welche

ich bis jetzt gesehen habe, endigte die Streifung oberhalb des Kerns (vergl. Figg. 34, 36 a, 40 d), doch ist es ja möglich, dass sich in manchen Fällen der Fadenapparat auch über den Kern hinaus noch ausdehnt, wie ENGELMANN es darstellt (Figur 35 B). Der Fadenapparat scheint sich unter Umständen auch im Leben von dem übrigen Zellkörper trennen und sammt dem Wimperapparate selbständig werden zu können in Gestalt von kleinen rundlichen oder ovalen zellähnlichen Gebilden, die mit lebhafter Wimperbewegung in dem auf der Epithelschicht befindlichen Schleime gefunden werden (s. die nächste Abtheilung).

Die Cilien stehen auf der Oberfläche der Zelle mitunter in deutlich erkennbaren Liniensystemen, für die meisten Zellen ist eine bestimmte Anordnung indessen noch nicht bekannt. Während des Lebens sind sie bei manchen Zellen periodisch, bei den meisten stetig in Bewegung und es bietet diese Erscheinung unter dem Mikroskope ein ebenso hübsches wie interessantes Bild dar. Die Art der Bewegung ist für eine bestimmte Zelle eine constante, variirt aber bei den verschiedenen Zellen. So kann die Cilie in einer zur Oberfläche der Zelle senkrechten Ebene gleich einem starren Gebilde von einer bestimmten Gleichgewichtslage aus nach beiden Seiten hin und her schlagen, oder sie kann sich bei dieser Bewegung auch hakenförmig krümmen gleich einem Finger. Die Gleichgewichtslage weicht gewöhnlich von einer auf der Oberfläche der Zelle Senkrechten um einen bestimmten Winkel (20° und mehr) ab; nach der Richtung dieser Abweichung hin findet auch ein stärkerer Ausschlag der Cilie statt, so dass, da alle auf der Zelle befindlichen Cilien gemeinsam wirken, die Zelle eine forttreibende Wirkung auf eine Flüssigkeit ausüben wird, die mit ihrer Oberfläche in Berührung kommt resp. auf Körperchen, die in dieser Flüssigkeit suspendirt sind. Kleiden solche Flimmerzellen ein Rohr aus, so wirken die Cilien gewöhnlich in der Richtung der Längsaxe desselben und befördern so Schleim, Staub, Zellen in demselben weiter. Es geschieht das um so leichter als die auf einander folgenden Zellen auch nach einander in die Bewegung eintreten, so dass dieselbe sich fortsetzt gleich den Windwellen in einem Kornfelde. Legt man ein Stückchen flimmernder Gaumenschleimhaut des Frosches lebend in Kochsalzlösung oder Jodserum auf einen Objectträger und auf die flimmernde Seite ein Deckglas, so wandert dieses oft über das Präparat hin und dreht man die Schleimhaut um, so marschirt dieselbe auf den Flimmerfüsschen unter dem Deckglase leicht hervor. Es ist die Bewegung der Cilien also eine recht kräftige. — Die Wimpern mancher Zellen

zeigen eine andere Bewegungsform: die wellen- oder peitschenförmige. So bei den höheren Thieren die langen einfachen Fäden der Spermatosomen. Durch ihre Bewegung fahren die letzteren gleich Fischen durch die Flüssigkeit hin, nur dass das vordere Ende dabei nicht in einer Linie sich bewegt, sondern, von geringem Gewichte im Verhältnisse zu dem langen Schwanzende, durch die Bewegungen dieses mit zu seitlichem Ausweichen veranlasst wird. Bei den Spermatosomen können auch längere Ruhepausen die Bewegung unterbrechen. — Aus dem Körper entnommen sterben die Zellen allmählich ab, und damit lässt auch zunächst die Geschwindigkeit der Flimmerbewegung nach, bis sie schliesslich aufhört. Wo das Auge zuerst nur einen flimmernden Saum sah (daher auch Flimmerbewegung), an dem überhaupt der Grund der Erscheinung des Flimmerns noch nicht erkennbar war, da unterscheidet man später allmählich eine feingestrichelte schwingende Masse, dann sieht man die einzelnen Cilien, bis dieselben schliesslich mehr starr werden, nur ab und zu noch zuckende Bewegungen ausführend, und endlich ganz still stehen. Die langsamere Bewegung muss man benutzen, um die Bewegungsart zu studiren. — Leichte Temperatursteigerungen, Verdünnung des umgebenden Mediums, geringe Einwirkung von Alkalien und Säuren wirken bis zu bestimmten Graden beschleunigend auf die Bewegung, in höheren Graden lähmend. — In welcher Beziehung der intracelluläre Fadenapparat zu den Cilien steht, ist noch durchaus unklar; jedenfalls kann er nicht einfach die Rolle eines Motors für an sich starre Cilien bilden. Jeder Cilie muss also eine gewisse Bewegungsfähigkeit innewohnen. Es würde diese Anschauung auch der von NUSSBAUM vertretenen Ansicht entsprechen. Derselbe fand, dass die grossen Cilien bei Infusorien und auch die in der Niere von Frosch, Petromyzon marinus, verschiedenen Rochen und Haien befindlichen sich aus einzelnen starreren Fädchen zusammensetzen, die durch eine, nach ihm protoplasmatische, Kittsubstanz zusammengehalten werden. Dieser letzteren sollte nun die Fähigkeit sich zu bewegen innewohnen, wie allgemein dem Protoplasma, und durch sie sollten dann wieder die mehr starren, elastischen Härchen bewegt werden. Für die Flimmerzellen höherer Thiere ist eine derartige Zusammensetzung der Cilien bisher nicht nachgewiesen, aber möglich. BALLOWITZ andererseits, der überall da, wo Fibrillen und Contractilität vorhanden sind, die letztere an die ersteren gebunden glaubt, würde die Stäbchen oder Fäserchen für das bewegende Moment halten müssen (vergl. p. 38).

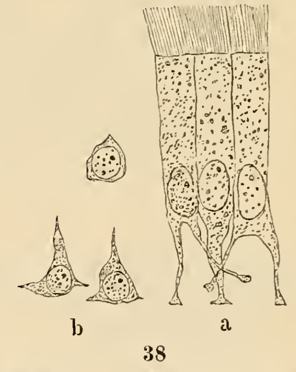
Das Flimmerepithel findet sich im menschlichen Körper unter sehr verschiedenen Zellformen, vom einfachen Pflasterepithel bis zum mehrreihigen Cylinderepithel. In Form von platten Zellen zeigt es sich auf dem Trommelfell (zusammen mit nicht flimmernden Zellen, wie es scheint); von platten bis kubischen Zellen in den kleineren und kleinsten Bronchien; kubisch bis cylindrisch in der Paukenhöhle; als ein- bis zweireihiges Cylinderepithel in den Tuben von den Fimbrien an, im Uterus (bis zum Cervix hin); deutlich zweireihig im Nebenhoden (von den Vasa efferentia an bis in die Cauda oder noch mehr oder weniger weit in das Vas deferens hinein). Das Epithel des letzteren (Figg. 37 und 38) ähnelt sehr dem des Vas deferens, in welches es ja auch übergeht (vergl. Figg. 21 und 22). Wie dort sind deutlich zwei Reihen von Zellen zu unterscheiden, von denen die kleinen, jungen (bei *b*) zwischen den Fussenden der ausgewachsenen (*a*) liegen.



37

Nebenhoden vom Menschen, Querschnitt, Epithel. Vergr. 388. a = ausgewachsene Zellen; b = Ersatzzellen; c = Mucosa.

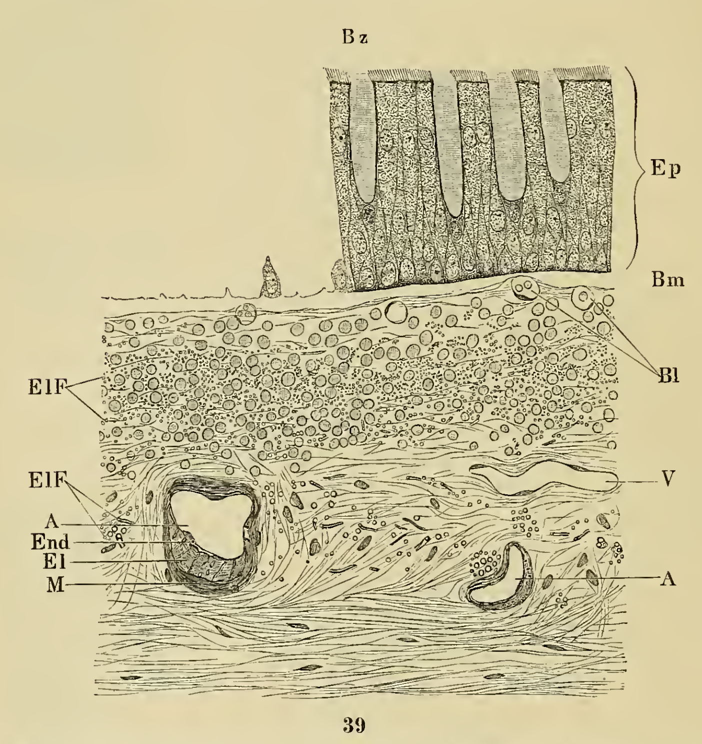
Als mehrreihiges Cylinderepithel findet es sich in der Pars respiratoria der Nase, in den Nebenhöhlen dieser, dem Thränennasengange, dem Thränensacke, dem der Nase benachbarten Theile des Pharynx, der Tuba Eustachii (Ohrtrompete), dem Larynx (mit Ausnahme der wahren Stimmbänder und sonst noch einiger Abschnitte und Inseln, s. „Kehlkopf"), der Trachea, den grösseren Bronchien (allmählicher Uebergang zu dem oben erwähnten Pflasterepithel der kleinsten Bronchien). Als Beispiel für das mehrreihige Cylinder- resp. Flimmerepithel möge hier das der Trachea dienen (Figg. 39 und 40, vergl. auch Fig. 36). Wie man leicht erkennt, besteht dasselbe einmal aus ausgewachsenen grossen vom Lumen bis zur Bindegewebsgrenze durchgehenden Zellen, die theils an ihrem freien Ende Wimpern tragen (a^1), theils zu schleimhaltigen Drüsenzellen (Becherzellen, s. unten) umgewandelt und oben offen sind (b, b^1). Zwischen diesen liegen dann verschieden lange protoplas-



38

Nebenhoden von Menschen, Epithelzellen isolirt nach Behandlung mit MÜLLER'scher Flüssigkeit. Vergr. 525. Buchstaben wie in Figur 37.

matische Zellen ohne Wimperbesatz, welche mehr oder weniger weit zwischen jene grossen sich hineinschieben (a^2 und a^3). Während diese umgekehrt kegelförmig sind und an ihrem spitzen Fussende häufig sich theilen, sind die kürzeren Zellen (a^2) mehr spindel- oder keulenförmig, und die ganz kleinen tiefst liegenden (a^3) mehr rundlich oder aufrecht konisch. In der Flächenansicht (Figur 40 *Fl*)



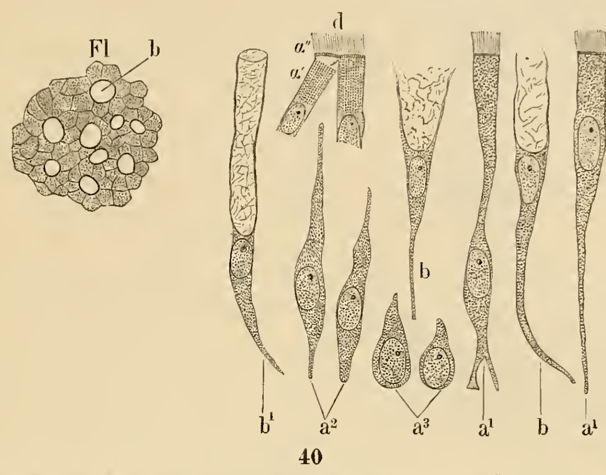
39

Theil eines Querschnitts einer menschlichen Trachea. MÜLLER'sche Flüssigkeit, Alkohol. Celloidineinbettung, Lithioncarmin. Pikrinsäure. Vergr. 388, A = Arterie; Bl = Capillaren; Bm = Basalmembran; Bz = Becherzelle; El = elastische Haut der Arterie; ElF = elastische Fasern; End = Endothel der Arterie; Ep = Epithel; M = Muskelhaut der Arterie; V = Vene.

erscheinen die oberen Enden der ausgewachsenen Flimmerzellen polygonal, ein Mosaik bildend, und dunkel gegenüber den hellen Ausmündungen der Becherzellen (*b*), welche letzteren sich in sehr verschieden grosser Anzahl vorfinden.

Endlich findet sich ein Flimmerbesatz noch auf jenen Stützzellen des Centralnervensystems, welche mit ihren distalen Enden das Höhlensystem (Centralkanal, Ventrikel) auskleiden, dem sogenannten Flimmer-

epithel des Centralkanals und dem Ependymaepithel. Der Flimmerbesatz entsteht hier im Laufe der Entwicklung, und verschwindet theilweise wieder mit zunehmendem Alter, so in den Gehirnventrikeln. Als Beispiel möge ein Querschnitt durch das Ventrikelepithel der



Trachealepithel des Menschen isolirt nach Behandlung mit MÜLLER'scher Flüssigkeit. Vergr. 525. a^1 = ausgewachsene Flimmerzellen; a^2 = mittellange junge Zellen; a^3 = kurze junge Zellen; b = Becherzellen mit kurzer Theka; b^1 = Becherzelle mit langer Theka, ausgeprägtem Netz und deutlicher Oeffnungscontur; d = die oberen Enden zweier ausgewachsener Flimmerzellen mit Streifenzone, bei *a'* der Zellkörper von *a''*, dem Saum mit Flimmerhärchen, abgehoben; Fl = Flächenansicht des Epithels; darin b = Mündung von Becherzellen.

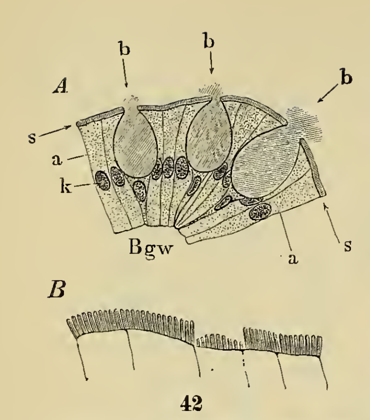
Katze dienen (Figur 41). Wie man sieht, liegt hier am Anfange der Wimpern wieder eine Knötchenzone, von dem Fadenapparate war nichts zu erkennen. Die proximalen Enden der Zellen verdünnen sich zu langen Fäden, welche weit in die Nervensubstanz hinein ziehen (s. „Nervengewebe“).

3) **Das distale Ende der Zelle trägt einen Stäbchensaum.** Derartiges Epithel findet sich im Darm von dem Pylorus an bis herab zu dem vom Anus her eindringenden verhornten Pflasterepithel, sowie in den vom Darme sich ableitenden Lebergängen, dem Ductus choledochus, hepaticus, cysticus und in der Gallenblase.

41

Epithel aus dem Ventricul. lateralis der Katze. Schnitt. Vergr. 525.

Der feinere Bau dieser Zellen gehört wieder wie der der Flimmerzellen zu den schwierigsten Untersuchungsobjecten und ist daher

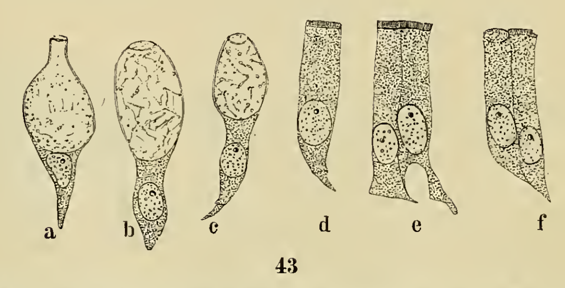


42

A. Epithel mit Becherzellen aus dem dem Dünndarm des Hundes, Querschnittspräparat. Vergr. 525. a = Darmepithelzelle; b = Becherzelle; s = Stäbchensaum; Bgw = Bindegewebsgrenze. *B.* Stähchensaum der Zellen des Dünndarmepithels vom Kaninchen nach Einführung von schwefelsaurer Magnesia in den Darm. ZEISS homog. Immers. $^{1}/_{18}$. Copie n. HEIDENHAIN (6. Bd. 43. Suppl.).

auch noch nicht sicher erkannt. Ich werde mich im Folgenden der Hauptsache nach an HEIDENHAIN (6 XLIII. Supplement) anschliessen. Wie die Figuren 42 und 43 es zeigen, sind die Epithelzellen, zwischen denen schleimerfüllte Zellen (Becherzellen, s. unten) liegen, von einem Saume überzogen, der eine sehr feine, senkrecht zur Oberfläche der Zelle stehende, Streifung erkennen lässt. Derselbe scheint sich zusammenzusetzen aus zwei verschiedenen Elementen: einer homogenen Masse und fingerförmigen Fortsätzen des Zellprotoplasmas, die in diese Masse hineindringen können. Beide stammen von dem Zellprotoplasma ab, beide können verschwinden. Es folgen hieraus verschiedene Erscheinungsweisen des Saumes:

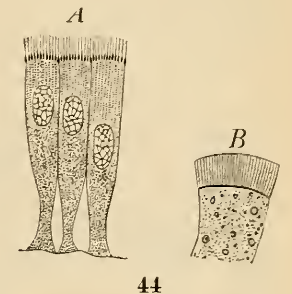
1) Er kann ganz fehlen.
2) Er kann durchaus homogen erscheinen.
3) Er kann in einer homogenen Masse eine feine Streifung erkennen lassen.
4) Er kann als eine Reihe feiner Stäbchen erscheinen, zwischen denen freie Spalträume liegen.



43

Epithel von der Oberfläche des menschlichen Dickdarms, isolirt, MÜLLER'sche Flüssigkeit, Wasser. Vergr. 525. a, b, c = verschiedene Formen von Becherzellen; d, e, f = Epithelzellen mit Stäbchensaum.

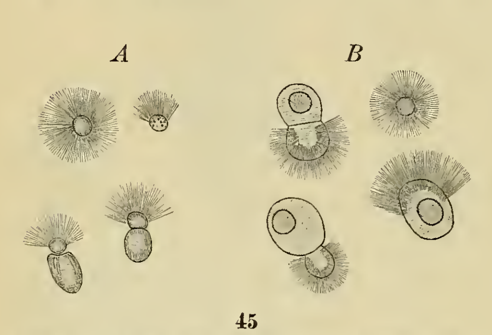
Figur 44 B stellt eine Epithelzelle dar, deren Saum homogene Substanz und darinliegende Stäbchen erkennen lässt, ein Bild wie es sehr häufig vorkommt. Figur 44 A giebt drei Zellen wieder, an denen man nicht nur sehr deutlich die freistehenden Stäbchen, sondern auch an jedem derselben unten eine Verdickung und ausserdem eine feine Längsstreifung des distalen Endes des Zellleibes erkennt. Figur 42 B zeigt den Saum einer Reihe von Zellen: man erkennt sehr klar die frei hervorragenden Stäbchen und bemerkt, dass dieselben auf einer, der in der Mitte liegenden, Zelle weit niedriger sind als auf den anderen. Es ist diese Erscheinung oft zu beobachten, und kaum anders zu deuten, als dass die Stäbchen Fortsätze des Zellleibes sind und von diesem hervorgetrieben und wieder eingezogen werden können. Ist eine homogene Masse in dem Saume vorhanden, so scheint diese mit der der Nachbarzelle verkleben zu können, ganz ähnlich wie es bei den Flimmerzellen der Fall war. Es ist überhaupt unverkennbar, dass manche Aehnlichkeit zwischen den Darmepithelien und den Flimmerzellen besteht. Bei beiden findet sich eine homogene Saummasse, bei beiden treten durch diese Fädchen resp. Stäbchen hindurch, welche eventuell unten Knötchen zeigen. Beide Zellarten lassen unter Umständen eine feine Streifung im äusseren Theile des Zellkörpers erkennen. Andererseits treten die Stäbchen der Darmepithelien nie über den Saum hinaus, und zeigen, auch wenn sie freistehen, niemals Bewegung, wenigstens jedenfalls keine flimmerartige, ferner sind die Knötchen bei denselben nur selten deutlich und jedenfalls wohl nicht so feste Gebilde wie bei den Wimpern, was schon deshalb nicht möglich ist, da sich die Stäbchen ja in die Zelle zurückziehen können, eine Eigenthümlichkeit, die zugleich den dritten Unterschiedspunkt darstellt. Auch die Streifung im Aussentheile der Zelle erscheint nie so scharf und klar, wie bei den Flimmerzellen, woraus man wohl schliessen kann, dass die Differenzirung hier nicht so weit gegangen ist wie bei jenen. Immerhin muss dieselbe indessen stark genug sein, um sich gegen den übrigen Zellkörper scharf abzusetzen, denn es zeigt sich, dass der obere den Saum tragende und eventuell die Streifung aufweisende Zellabschnitt sich von dem übrigen Theile der



44

A. Darmepithel des Hundes. Alkohol, Hämatoxylin-Kali chromicum. Copie n. HEIDENHAIN (6. Bd. 43. Suppl.). *B.* Oberes Ende und Saum einer Darmepithelzelle von Salamandra mac. nach Einwirkung 2procentiger Kochsalzlösung und Fixirung durch Osmiumsäure. Wie *A*.

Zelle völlig abschnüren kann, wie ich das schon als bei den Flimmerzellen vorkommend oben (p. 79) erwähnte. Figur 45 stellt bei A derartige H ä r c h e n z e l l e n aus Flimmerepithel dar. Dieselben finden sich in grösserer Menge, wenn die Epithelien gereizt sind, so bei Katarrhen, Aufträufelung von Osmiumsäure oder bei subcutaner Injection von Pilocarpin, doch fehlen sie auch normalen Epithelien keineswegs (E. NEUMANN, C. SCHMIDT-HEIDENHAIN). Die Härchen zeigen lebhafte Bewegung. Die eine Zelle ist von oben gesehen, hat daher allseitig Härchen, die nebenstehende im Profil, und die anderen beiden zeigen Abschnürungserscheinungen an abgestossenen Flimmerzellen, die mehr oval geworden sind. Figur 45 B stellt entsprechende Zellen vom Darmepithel des Kaninchens dar, nach Injection von schwefelsaurer Magnesia in den Darm (HEIDENHAIN). Die Härchen dieser Zellen bewegen sich nicht, geradesowenig wie die Stäbchen des Darmepithels, aus dem sie hervorgegangen sind. Es behalten also diese merkwürdigen kleinen Gebilde die Haupteigenschaften der Zellen, aus denen sie hervorgehen. Beide Zellarten sind nur im Leben fähig, solche Haarzellen zu erzeugen, nach dem Tode kann man durch Einwirkung von Reagentien dieselben nicht erhalten, es sind also sicher keine durch solche erzeugte Kunstproducte.

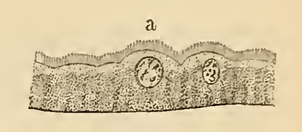


Abgeschnürte resp. sich abschnürende äussere Theile von: *A.* Wimperzellen, Copie n. SCHMIDT, *B.* Darmepithelien, Copie n. HEIDENHAIN.

Die Stäbchenzellen sind wahrscheinlich membranlos ebenso wie auch sicher die sich abschnürenden Haarzellen. Im Momente der Berührung mit Reagentien, z. B. schon mit Wasser, kann sich indessen eine Niederschlagsmembran bilden und ev. bei Quellung sich blasenförmig abheben. Eine solche Erscheinung tritt namentlich leicht an dem distalen Ende ein.

Das Epithel in den oben genannten Organen ist einreihig (vergl. Figur 42 und 43). Die Form der Fussenden wechselt, häufig finden sich dieselben spitz zulaufend unter die benachbarten Zellen heruntergeschoben, so dass eine Art dachziegelförmiger Deckung zu Stande kommt (Figur 43 f).

4) **Das distale Ende zeigt einen bei der Secretion auftretenden Saum kurzer Härchen: Bürstenbesatz, Bürstenepithel** (Tornier). In den Lieberkühn'schen Drüsen des Darms, in den Fundusdrüsen des Magens (Belegzellen) und in den Tubulis contortis der Niere (im letzteren Falle sind die Zellen zugleich Stäbchenepithel, auf den Stäbchenepithelien der dicken Henle'schen Schleifenschenkel fehlen die Bürstenbesätze) finden sich während der Secretion mehr oder weniger deutliche Besätze von feinen Härchen oder Stäbchen, die während der Ruhe verschwinden. Die Härchen zeigen niemals Bewegung. Figur 46 lässt in a sehr deutliche Härchen, in b nur mehr das Bild eines gestrichelten Saumes erkennen, vielleicht ist die Deutlichkeit proportional der Lebhaftigkeit der Secretion [1].



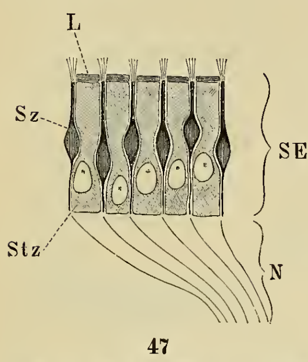


46
Bürstenepithel aus der Kaninchenniere während der Secretion. a. Bürstenbesatz gross. b. Bürstenbesatz ähnlich einem gestrichelten Saum. Vergr. 550. Copie n. Tornier (1, XXVII).

5) **Das distale Ende der Zelle trägt eine mehr oder weniger dicke vielleicht noch weiter differenzirte Cuticula.** Ein derartiges Epithel mit einer wahrscheinlich einfachen Lage von platten Pflasterzellen bis Cylinderzellen findet sich in den Schweissdrüsen, Axeldrüsen, Ohrenschmalzdrüsen und Circumanaldrüsen. Das distale Ende der Zelle zeigt eine Cuticula (Heynold), an welcher Kölliker eine deutliche Längsstrichelung oder Kerbung, wie wenn sie von Porenkanälchen durchzogen wäre, erkannt hat. Der Zellleib enthält ausserdem wie die meisten Drüsenzellen mehr oder weniger deutlich hervortretende Abscheidungsproducte. Die Cuticula findet sich stark ausgeprägt (Heynold) auch auf der inneren Lage der Zellen der Ausführungsgänge.

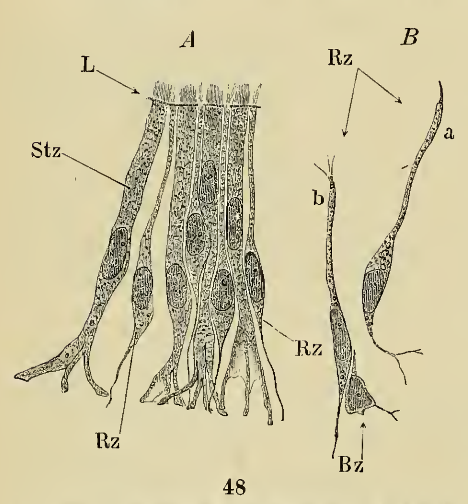
[1]) Gesehen und abgebildet ist der Bürstenbesatz zuerst von Verson (1871, Stricker's Handbuch p. 406) aus den Lieberkühn'schen Drüsen, doch hielt Verson den Besatz für identisch mit dem Saum der Darmepithelien; in der Niere des Frosches hat Nussbaum (6. 1878 p. 587 Anm.) das Bürstenepithel zuerst beschrieben und als dem secernirenden Theile zukommend erkannt, sowie von dem Flimmerepithel getrennt. In der Mäuseniere hat es dann Klein (Quarterly journ. microsc. science 1881 p. 231) gesehen, später Marchand mit Lebedeff (8, Bd. 91, p. 267) in der Hunde- und Menschenniere, weiter Cornil und Brault und Langhans (8, Bd. 99, p. 227). An Magendrüsen sah es Heidenhain, worauf Tornier die genannten Drüsen weiter untersuchte und feststellte, dass der Bürstenbesatz nur während der Secretion vorhanden ist (1, XXVII, 1886, p. 181 ff.).

6) **Es sind zwei Zellarten gemischt: das distale Ende der einen trägt eine Cuticula, das der anderen einen cuticularen Aufsatz in Form von Härchen, Stiftchen, Stäbchen, Zapfen.** Ein derartiges Epithel findet sich den letzten Enden der Nerven aufsitzend in dem Gesichts-, Gehör-, Geruchs- und Geschmacksorgan und wird daher als Sinnesepithel bezeichnet. Diejenigen Zellen, welche die einfache Cuticula abscheiden, werden Stützzellen genannt (*Stz* Figur 47), die anderen Sinneszellen (*Sz*), da man annimmt, dass sie mit den Nerven in Zusammenhang stehen und den Sinneseindruck vermitteln. Die von den Stützzellen ausgeschiedene Cuticula hängt mit der der benachbarten Zellen zusammen, so dass eine dünne, aber ziemlich feste, zusammenhängende Membran entsteht, die Membrana limitans oder einfach Limitans (*L*), welche von den Sinneszellen durchbohrt wird, daher netzförmig resp. siebartig ist und deshalb auch mitunter Membrana reticularis genannt wird. Das einzige Sinnesorgan, bei dem dieselbe noch zweifelhaft ist, ist das Geschmacksorgan. Neben dem in Figur 47 gegebenen Schema mögen die Zellen der Geruchsschleimhaut (Figur 48) als Beispiel dienen. Der allgemeine Typus der Sinneszellen (hier *Rz* = Riechzellen), welcher hier auch hervortritt, ist der einer sehr zarten, mehr langgestreckt spindelförmigen Zelle, deren Anschwellung bedingt ist durch den relativ grossen Kern. Das distale Ende ist dabei gewöhnlich dicker als das proximale, welches häufig faden-



47

Schema eines Sinnesepithels. L = Limitans; N = Nerv; SE = Sinnesepithel; Stz = Stützzellen; Sz = Sinneszellen.



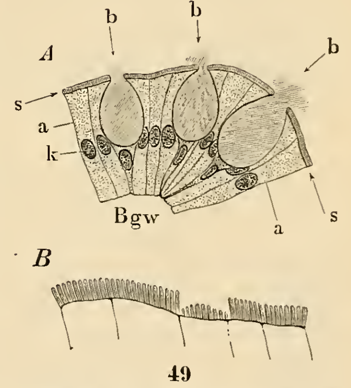
48

Aus dem Geruchsepithel des Menschen, Isolationspräparat (fec. v. BRUNN). *A*. einige mehr zusammenhängende Zellen. *B*. zwei Riechzellen und eine Basalzelle isolirt. Vergr. 525. L = Limitans; Bz = Basalzelle; Rz = Riechzelle; Stz = Stützzelle; a = Zelle mit verklebten, b = solche mit freien Härchen.

förmig erscheint. Die Stützzellen sind dagegen relativ starke Gebilde (in der Retina allerdings auch recht zart). Mitunter finden sich noch, dicht an der Bindegewebsgrenze anliegend, kleinere Zellen, Basalzellen (*Bz*), deren Bedeutung noch unbekannt ist. Mitunter, so bei dem Riechepithel, tragen auch die Stützzellen Cuticularaufsätze, welche über die Limitans hervorragen (s. Figur).

Die Retina, welche im principiellen Bau durchaus mit dem Obigen übereinstimmt, unterscheidet sich doch insofern, als sie einen modificirten Theil des Centralnervensystems darstellt, ihr Sinnesepithel daher dem Ventrikelepithel entspricht.

7) **Die Zelle ist an dem distalen Ende offen.** Derartige Zellen sind stets Drüsenzellen und enthalten ein Secret, welches vermöge seiner eigenthümlichen Beschaffenheit mehr plötzlich in grösserer Menge entleert wird und durch die Zellmembran, welche die übrige Zelle einhüllt, nicht hindurchzutreten vermag. Das Secret enthält meistens oder immer Schleim, die betreffenden Zellen befinden sich daher entweder in den Schleimdrüsen oder sie liegen allein zwischen anderen Epithelzellen, heissen dann ihrer Form entsprechend Becherzellen und stellen einzellige Drüsen dar. Dieselben finden sich in den verschiedensten Epithelien: Pflasterepithel, Cylinderepithel, Uebergangsepithel, beim Menschen allerdings nur im Cylinderepithel.



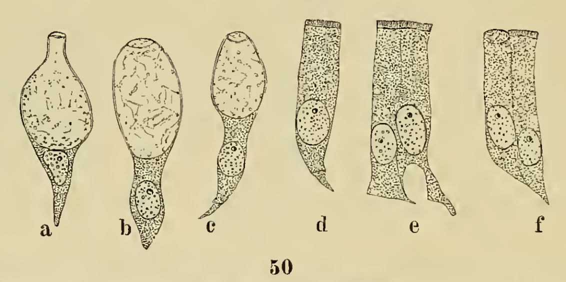
49

A. Epithel mit Becherzellen aus dem Dünndarm des Hundes, Querschnittspräparat Vergr. 525. a = Darmepithelzelle; b = Becherzelle; s = Stäbchensaum; Bgw = Bindegewebsgrenze. *B*. Stäbchensaum der Zellen des Dünndarmepithels vom Kaninchen nach Einführung von schwefelsaurer Magnesia in den Darm. ZEISS homog. Immers. 1/18. Copie n. HEIDENHAIN (6. Bd. 43. Suppl.).

Figur 49A zeigt drei im Darmepithel des Hundes liegende Becherzellen (*b*), Figur 50 isolirte aus dem Darm des Menschen. An jeder Becherzelle sind zu unterscheiden: ein unterer protoplasmatischer Theil, in welchem der Kern liegt, der Fuss, und ein oberer, welcher das aufgespeicherte Secret enthält, die Theka. Die Zelle ist von einer Membran umgeben, welche an dem distalen Ende eine mehr oder weniger grosse Oeffnung besitzt, der differenzirte Theil der Zelle wird durch das aufgespeicherte Secret bauchig ausgedehnt und bewirkt so die Aehnlichkeit mit einem Becher oder Weinglase. Das Verhältniss der Grösse und die Form des

Fusses und der Theka sind sehr verschieden (vergl. die Figuren 36, 39, 40, 49, 50, 51).

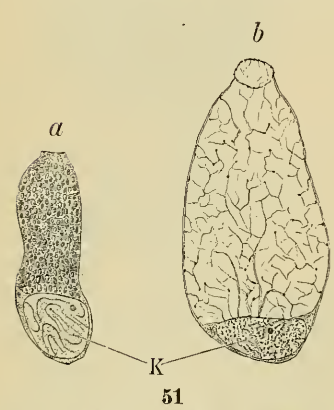
So leicht das bisher Mitgetheilte zu sehen ist, so schwierig ist es doch, die Fragen zu entscheiden, in welcher Weise das Secret



50

Epithelzellen von der Oberfläche des menschlichen Dickdarms, MÜLLER'sche Flüssigkeit, Wasser. Vergr. 525. a, b, c = Becherzellen; d, e. f = Epithelzellen mit Stäbchensaum.

in der Zelle entsteht, was aus der Zelle nach Ausstossung des Secrets wird, ob die Zelle eine spezifische Drüsenzelle ist, oder sich aus einer gewöhnlichen Epithelzelle hervor- und eventuell wieder in eine solche zurückbildet. Endlich ist es auch noch durchaus nicht sicher, ob alle Zellen dieser Art an den sehr verschiedenen Orten ihres Vorkommens einander gleichwerthig sind; vielleicht existiren da ganz scharfe principielle Unterschiede, durch welche dann auch die oft diametral entgegenstehenden Ansichten der Forscher erklärt werden, denn die ungemein grosse Anzahl von Arbeiten, die über diese Gebilde veröffentlicht sind, haben bis jetzt nur das Resultat gehabt, die Frage sehr verwickelt erscheinen zu lassen.



51

Becherzellen aus dem Gaumenepithel einer erwachsenen Salamandra mac. a. nach 24 stündigem Aufenthalt in Osmiumdampf (Ueberosmiumsäurelösung 2 %), Wasser. b. Augenblickshärtung in Ueberosmiumsäure 1/2 %, Wasser. Vergr. 525.

Was nun zunächst die Bildung des Secrets anlangt, so scheint dasselbe in dem dazu bestimmten äusseren Zellabschnitte in Form von kleinen Körnchen oder Tröpfchen in dem Protoplasma zu entstehen, resp. in diesem ausgeschieden und abgelagert zu werden. Figur 51 stellt zwei Becherzellen aus der Gaumenschleimhaut einer erwachsenen Salamandra maculosa dar. Die Zelle bei *a* ist durch Zerzupfung eines Stückes dieser Schleimhaut gewonnen, das 24 Stun-

den in dem Dampfe einer 2 procentigen Osmiumsäure (nach LANGLEY) gehärtet und dann in Wasser gebracht war. Man sieht deutlich, dass der Zellkörper in zwei Theile zerfällt: einen feinkörnig protoplasmatischen, der den grossen Kern (nebst deutlichem Kernkörperchen und Theilen des Karyomitoms) umhüllt, und einen andern äusseren, der ganz von kleinen Bläschen durchsetzt ist. Am obersten Ende bemerkt man eine leichte Zuspitzung der Zelle, deren äusserster Theil sich ziemlich scharf absetzt: das Ende, welches die Ausmündung der Theka trägt und zwischen den übrigen Epithelialzellen resp. deren Saum an die Oberfläche des Epithels vorragt. Zwischen den Secretbläschen liegt Substanz des Zellleibes, die indessen nicht mehr mit dem ursprünglichen Protoplasma identisch zu sein braucht, sondern durch den Secretionsvorgang ebenfalls umgeändert sein kann. — Die Zelle bei *b* entspricht durchaus der vorigen, nur ist sie von einem Stücke Schleimhaut gewonnen, das nur ganz kurze Zeit in Osmiumlösung von $^1/_2$ $^0/_0$ und dann in Wasser gelegen hat. Wie man bemerkt, ist diese Zelle weit grösser als die vorige, sieht weit heller aus, zeigt ein feines Netzwerk und dazwischen helle breite Maschen. Oben findet sich dasselbe abgesetzte Mündungsende, unten ein etwas platt aussehender Kern wiederum von feinkörnigem Protoplasma umgeben. Die Verschiedenheit im Aussehen dieser beiden Zellen lässt sich ohne Schwierigkeit durch die Annahme erklären, dass die Secrettröpfchen aus einer wasserhaltigen quellungsfähigen Substanz bestehen. Bei der Anwendung des Osmiumdampfes ist der Schleimhaut, wofür auch ihr makroskopisches Aussehen spricht, etwas Wasser entzogen worden, es ist eine leichte Schrumpfung eingetreten, bei der zweiten Methode ist im Gegentheile Wasser aufgenommen worden, es ist eine Quellung entstanden. Vielleicht ist auch die Abplattung des Kerns in *b* auf den Druck der quellenden Masse zurückzuführen. Das Netz in *b* stellt wieder den Rest des veränderten Protoplasmas dar. Sehr häufig sind die Netzbalken in der Mitte des Grundes stärker als sonst (s. Figur). Aus dem Mitgetheilten folgt erstens, dass die Becherzellen sehr leicht veränderliche Gebilde sind, die bei Anwendung verschiedener Reagentien ein ganz verschiedenes Aussehen zeigen können, ein Moment, das für die Deutung der Resultate verschiedener Untersucher sehr wichtig ist, zweitens, dass man je nach dem Grade der Umwandlung des Zellprotoplasmas in das Secret sehr verschiedene Bilder erhalten kann:

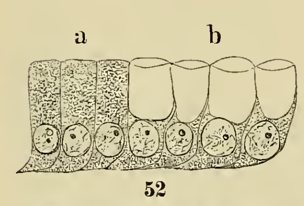
1) ein Netzwerk mit verschieden dicken Balken;

2) eine Anzahl von Körnchen, wenn das Netz durch weitere Verdünnung schliesslich zerfällt;

3) eine homogene Masse, wenn Netz und Körnchen nicht mehr vorhanden sind, sondern alles in die nun zusammenfliessenden Secretbläschen umgewandelt worden ist.

In der That kommen alle diese Formen zur Beobachtung. Von mir, List und Anderen sind sehr deutliche Netze beschrieben worden, welche man mehr oder weniger gut auch auf den Figuren 36, 40, 50, 51 b erkennt, von Paneth noch ganz neuerdings Körnchen, die noch weiter Neigung zum Zerfliessen zeigen, um so ganz in die homogene Masse aufzugehen (Figur 49 A, die beiden rechtsgelegenen Zellen) und endlich ist vielfach ein homogener Thekainhalt gesehen worden und jeden Augenblick leicht zu sehen, wie ihn die Figur 49 A, Zelle links, und Figur 39 darstellen. (Man vergleiche dieserhalb auch das Capitel über die Speicheldrüsen.) — Es ist sehr wahrscheinlich, und die verschiedenen Befunde sprechen durchaus dafür, dass das Secret der Becherzellen an verschiedenen Stellen des Körpers und bei verschiedenen Thieren verschieden ist. Auch ist es natürlich nicht nothwendig, dass es immer mucinhaltig ist, obwohl es das meist zu sein scheint. — Bei einem bestimmten Grade der Umwandlung, vielleicht bei der Anhäufung einer bestimmten Menge, vielleicht auch bei bestimmten Einwirkungen von Aussen her, tritt das Secret aus der Oeffnung der Theka heraus. Behandelt man Darmepithel des Menschen, Hundes etc. mit Wasser oder dünnen Salzlösungen, so quellen Schleimpfröpfe hervor.

Was die zweite Frage anlangt, ob die Becherzelle eine specifische Drüsenzelle sei oder ob sie aus den Epithelzellen, zwischen denen sie liegt, sich einfach umbilde, so ist es zunächst sicher, dass der letztere Fall vorkommt: Das Epithel der Magenschleimhaut (Figur 52), ein einreihiges Cylinderepithel, wandelt sich zweifellos direct in Becherzellen um, und von den Zellen im Darm- und Trachealepithel ist eine solche Umwandlung zum mindesten auch sehr wahrscheinlich. Sie würde in diesen Fällen vielleicht als eine Altersmetamorphose aufzufassen sein, der distale Theil des Zellleibes würde Secret produciren, resp. sich in den später als Secret entleerten Stoff umwandeln, der Flimmersaum oder der Stäbchensaum würden abgestossen werden, während sich die Zelle mit einer Membran umgiebt und so würde die Becherzelle fertig sein. Die in den

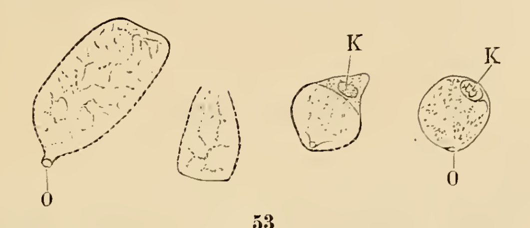


52

Oberflächenepithel des Magens vom Schwein. Vergr. 525. a = protoplasmatische Cylinderzellen; b = Becherzellen.

Schleimdrüsen liegenden derartigen Zellen (als Beispiel diene Figur 53) sind dagegen sicher specifische Drüsenzellen und es ist mir wahrscheinlich, dass auch die in der Frosch- und Krötenblase vorkommenden solche sind.

Die dritte Frage, was wird aus der Becherzelle nach Ausstossung des Secretes, hängt mit der vorigen zusammen. Entwickelt sich die Drüsenzelle aus der gewöhnlichen Epithelzelle, so kann sie sich entweder wieder in eine solche zurückbilden, oder sie wird ausgestossen und geht zu Grunde. Beides ist behauptet



Schleimhaltige Drüsenzellen aus einer Gl. lingualis des Hundes. Isolirt in MÜLLER'scher Flüssigkeit. Vergr. 480. K = Kern; O = Oeffnung der Zelle. Copie n. SCHIEFFERDECKER (1, XXIII).

worden, und ich möchte mich für das Letztere entscheiden. Ist die Drüsenzelle specifischer Natur, so können ebenfalls die beiden genannten Fälle eintreten, doch spricht das Verhalten der Zellen in den Schleimdrüsen im Ganzen mehr dafür, dass die Zellen im Stande sind wieder protoplasmatisch zu werden und von Neuem Secret zu bilden. Wie oft dieser Process sich wiederholen kann, ist freilich unbekannt, und es ist auch wahrscheinlich, dass darin Unterschiede zwischen den einzelnen Drüsen existiren.

Becherzellen kommen im menschlichen Körper vor: im Epithel des Respirationstractus (Pars respiratoria der Nase nebst Nebenhöhlen, Kehlkopf [soweit Cylinderepithel], Trachea, Bronchien bis herab zu den kleinsten echten Bronchien von 0,4 bis 0,5 mm [KÖLLIKER]), im Epithel des Magens, des Dünn- und Dickdarms, der LIEBERKÜHN'schen Drüsen, des Ductus choledochus, cysticus, hepaticus, der Gallenblase, in der Tuba Eustachii und in der Paukenhöhle. Ganz entsprechende Zellen, die aber nicht als Becherzellen bezeichnet werden, bilden das die Schleimdrüsen und schleimbereitenden Speicheldrüsen zusammensetzende Epithel.

Aus Epithelzellen gebildete Organe.

Ausser den im Vorstehenden beschriebenen meist mehr häutigen und die Oberflächen deckenden Bildungen entstehen, gewöhnlich durch eigenartige Zusammenlagerung der Epithelzellen, aus diesen noch die folgenden Organe:

1) Die Drüsen.

2) Die Haare und Nägel.

welche wir ihrer allgemeinen Beschaffenheit nach hier anschliessend zu besprechen haben.

I. Die Drüsen.

Eine Drüse besteht aus einer oder mehreren Epithelzellen, welche in sich bestimmte Stoffe produciren. Bei diesem Process wird entweder der ganze Zellleib aufgebraucht, so dass die Zelle zu Grunde geht, oder es wird nur ein Theil desselben verändert, so dass nach Ausscheidung der Producte dieselbe Zelle von Neuem ihre Thätigkeit beginnen kann.

Die Abscheidung der Stoffe erfolgt in den Drüsenraum, das Drüsenlumen. Das zu der Bildung der Stoffe nöthige Material wird der Drüsenzelle von den Blutgefässen geliefert: die Drüsenzelle ist daher stets ganz oder zu einem Theil eingeschaltet zwischen Blutgefäss und Drüsenraum.

Je nach der Anzahl der die Drüse zusammensetzenden Zellen unterscheidet man: die einzelligen und die mehrzelligen Drüsen.

A) Die **einzelligen Drüsen**, sie bestehen aus einer Drüsenzelle, die beim Menschen immer zwischen anderen Epithelzellen liegt. Wir haben dieselben schon oben (p. 89 ff.) als „Becherzellen“ besprochen.

B) Die **mehrzelligen Drüsen.** Bei diesen schliesst eine aus den Drüsenzellen bestehende Schicht als Drüsenwand einen Hohlraum, den Drüsenraum, das Drüsenlumen, ein; das Ganze bildet den Drüsenkörper, welcher im Bindegewebe eingebettet liegt. Zwischen der äusseren Fläche der Drüsenwand und dem Bindegewebe liegt sehr häufig eine mehr oder weniger structurlose Haut, Membrana propria, deren Abstammung — ob vom Epithel oder Bindegewebe — noch zweifelhaft und vielleicht in verschiedenen Fällen verschieden ist. Nach Innen von derselben können sich glatte Muskelfasern finden (Schweissdrüsen).

Das Bindegewebe umgiebt die Drüse und tritt bei verästelten Drüsen zwischen die einzelnen Abtheilungen derselben, dasselbe führt die Blutgefässe, Lymphgefässe und Nerven, eventuell finden sich darin auch Muskeln, die eine bestimmte Wirkung auf die Drüse auszuüben vermögen.

Die in dem Drüsenraum angesammelten Secretstoffe werden meistens durch einen besonderen Ausführungsgang, der sich durch ein andersartiges Epithel auszeichnet, auf eine Epitheloberfläche hingeleitet.

Die *Kraft,* durch welche das Drüsensecret herausgetrieben wird, ist zunächst eine Vis a tergo, bewirkt durch das neu producirte Secret. Bei dem Austreiben derselben aus der Zelle wirkt vielleicht das Zellprotoplasma activ mit. Hierzu kommen dann noch unter Umständen besondere Vorrichtungen, welche von aussen auf die Drüsenwand wirken.

1) Der Drüsenkörper ist in ein festes Gewebe eingebettet, welches nur eine bestimmte Ausdehnung des Drüsenkörpers gestattet (Lage der Meibom'schen Drüsen in der festen Tarsalplatte).

2) Die Zellen des Ausführungsganges tragen theilweise Flimmern (kleine Schleimdrüsen des Respirationstractus).

3) Die Drüsenwand ist direct von Muskeln umgeben (Schweissdrüsen), oder es liegen Muskeln in dem umgebenden Bindegewebe eingebettet (Drüsen des Magens und Darms, Talgdrüsen — Arrectores pilorum).

Für die *Formunterschiede* der Drüsen bestimmend ist die Gestalt des Drüsenraumes[1]. Wir finden zwei Grundformen desselben:

den unten abgerundet endigenden Cylinder

und

die Kugel, resp. das Ovoid.

Demgemäss wird die Drüse erscheinen:

1) als ein annähernd cylindrischer Blindschlauch, Tubulus (= cylindrischer Schlauch): schlauchförmige oder tubulöse Drüse,

2) als eine mehr kugelige oder ovale Blase, Alveus (= bauchiger Schlauch): bläschenförmige oder alveoläre Drüse.

Beide werden durch einen Ausführungsgang, der unter Umständen sehr kurz sein, bei den tubulösen Drüsen mitunter auch ganz fehlen kann, mit der Epitheloberfläche verbunden.

---

1) Ich schliesse mich im Folgenden zum Theile der von Flemming gegebenen Drüseneintheilung an.

Ob die Form der Drüse in einem bestimmten Verhältniss zu der Bedeutung derselben steht, ist noch nicht sicher zu sagen. Es scheint, dass Drüsen, welche ein relativ flüssiges Secret besitzen, das sich nicht in grossen Mengen im Drüsenlumen anzuhäufen braucht, die tubulöse Form besitzen, während solche, bei denen das Secret eine dickere schwerer bewegliche Masse bildet (Talgdrüsen, Meibom'sche Drüsen) mehr die alveoläre Form haben, und dass diese wieder um so mehr der tubulösen sich nähert, je flüssiger das Secret wird (Milchdrüse); endlich scheint eine ausgeprägte Bläschenform bei solchen Drüsen vorzukommen, bei denen das Secret im Lumen sich bis zum Moment des Gebrauchs in grösserer Menge anhäufen soll (Hautdrüsen der Amphibien). Es würde demnach die Form der Drüse als eine functionelle Anpassung zu betrachten sein.

Soll sich die einfache Drüse vergrössern, um mehr Secret zu liefern, so verlängert sich entweder der Tubulus, um sich schliesslich, falls es im Bindegewebe an Raum mangelt, aufzurollen: Knäueldrüsen, der Alveus vergrössert sich, oder es tritt eine Verästelung des Tubulus resp. Alveus ein: aus der einfachen unverästelten entsteht die einfache verästelte Drüse. Genügt auch dieses noch nicht, so vereinigen sich mehrere einfach verästelte Drüsen durch gemeinsame Einmündung ihrer Ausführungsgänge in einen Hauptausführungsgang zu einer zusammengesetzten Drüse.

Nennen wir in einer solchen jede Abtheilung, welche einer einfachen, verästelten Drüse entspricht, eine Endgruppe, so wird sich die Gesammtmasse der Drüse zusammensetzen aus den Endgruppen, den eventuell aus diesen wiederum gebildeten Gruppen erster Ordnung (Läppchen, Lobuli), eventuell noch weiter aus solchen sich wieder zusammensetzenden Gruppen zweiter Ordnung (Lappen, Lobi) und den den verschiedenen Gruppen entsprechenden Ausführungsgängen verschiedener Ordnung, welche das von den einzelnen Abtheilungen gelieferte Secret dem Hauptausführungsgange zuführen. — Ueberall wird nun zwischen die Drüsentheile Bindegewebe eindringen und dieselben zu einem Ganzen, der makroskopischen Drüse, verbinden. Je grösser die Abtheilungen sind, um so dicker sind durchschnittlich auch die eingeschobenen Bindegewebssepta, wodurch die Uebersicht über die Zusammensetzung der Drüse erleichtert wird, indem ein mehr oder weniger stark ausgeprägter lappiger Bau entsteht. Sehr zart wird demgemäss das intertubuläre oder interalveoläre Bindegewebe sein, massiger das zwischen den Läppchen, Lobuli, befindliche interlobuläre Bindegewebe, noch stärker das zwischen

den Lappen, Lobi, liegende interlobäre. Dem entsprechend verhalten sich auch die in diesen Bindegewebssepten verlaufenden Blutgefässe, Lymphgefässe, Nerven.

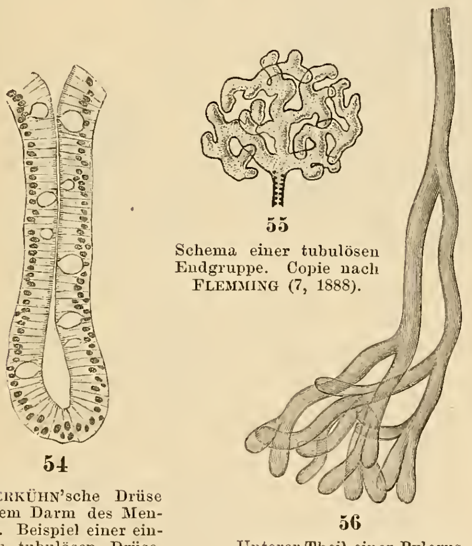
Nach dem eben Gesagten können wir für die Drüsen des menschlichen Körpers das auf nächster Seite stehende Uebersichtsschema aufstellen.

Wie man sieht, überwiegen die tubulösen Drüsen die alveolären bedeutend an Zahl.

Einige Abbildungen mögen die Drüsenformen versinnbildlichen.

A. Tubulöse Drüsen.

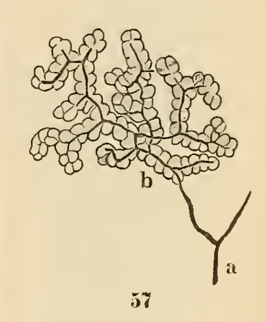
Einfache unverästelte tubulöse Drüse (A. I α). Beispiel: eine Lieberkühn'sche Drüse aus dem Darme des Menschen (Figur 54).



55
Schema einer tubulösen Endgruppe. Copie nach Flemming (7, 1888).

54
Lieberkühn'sche Drüse aus dem Darm des Menschen. Beispiel einer einfachen tubulösen Drüse. C. n. Flemming (7, 1888).

56
Unterer Theil einer Pylorusdrüse des Menschen, schw. Vergr.



57
Endgruppe aus einer Parotis des Pferdes, der Drüsenraum mit einer erstarrenden Masse injicirt. a = Injectionsmasse aus dem Ausführungsgang des Läppchens, dieselbe theilt sich gleich dem Ausführungsgange in zwei neue den Endgruppen zugehörige Theile. Bei b die eine Endgruppe ausgezeichnet. Copie n. Flemming (7, 1888).

Einfache verästelte tubulöse Drüse (A. I β). Schema in Figur 55. Beispiel: 1) Selbständige Drüse: eine Pylorusdrüse des Menschen (Figur 56): ein einfacher Drüsenschlauch theilt sich in mehrere Aeste. 2) Endgruppe einer zusammengesetzten Drüse: aus der Parotis des Pferdes (Figur 57).

Zusammengesetzte tubulöse Drüse (A. II). Als Beispiel sei das Schema eines Läppchens gegeben, zusammengesetzt aus einer

	A. Tubulöse. Secernirender Gang: Drüsenraum = Drüsengang von ungefähr cylindrischer Gestalt, Tubulus		B. Alveoläre. Secernirendes Bläschen: Drüsenraum von bauchiger, mehr kugeliger oder mehr ovoider Gestalt, Alveus	
I) Einfache Drüsen	α) Unverästelte = einfache Tubuli	LIEBERKÜHN'sche Drüsen. BOWMAN'sche Drüsen (mitunter auch verästelt, so namentlich b. Menschen). Knäueldrüsen. Labdrüsen (auch verästelt). Uterindrüsen (von welchen es indessen zweifelhaft ist, ob sie überhaupt Drüsen sind).	α) Unverästelte = einfache Alveoli	(Hautdrüsen der Amphibien.) Kleinste Talgdrüsen.
	β) Verästelte = Ausführungsgang mit tubulösen Aesten, resp. einem verästelten Tubulus	BOWMAN'sche Drüsen. Labdrüsen. Pylorusdrüsen und BRUNNER'sche Drüsen. Kleinste Schleim- u. seröse Drüsen.	β) Verästelte = Ausführungsgang mit mehreren ansitzenden Alveoli	Grössere Talgdrüsen. MEIBOM'sche Drüsen.
II) Zusammengesetzte Drüsen	α) Lobuläre (Nur aus gleichwerthigen Lobuli bestehend ohne Abgrenzung von Lappen höherer Ordnung, Lobi, durch Bindegewebe).	Leber. Submaxillaris. Sublingualis. Parotis. Pankreas. Grössere Schleimdrüsen. Thränendrüse.	α) Lobuläre: Milchdrüse.	
	β) Lobäre (Lappen höherer Ordnung, Lobi, jeder mehrere Lobuli enthaltend, sind entweder durch grössere Bindegewebssepta getrennt oder doch sonst scharf unterscheidbar.	Thränendrüse. COWPER'sche Drüsen. BARTHOLINI'sche Drüsen. Prostatadrüse. Nieren (hier fehlen die abgrenzenden Bindegewebssepta).		

Anzahl von Endgruppen, deren Ausführungsgänge sich zu dem Ausführungsgang des Läppchens vereinigen (Figur 58).



58

Schema eines Läppchens einer zusammengesetzten tubulösen Drüse. Copie n. FLEMMING (7, 1888).

B. Alveoläre Drüsen.

Einfache unverästelte alveoläre Drüse (*B. I α*). Beispiel: Hautdrüse aus der Amphibienhaut (Figur 59): Ein einziges Drüsenbläschen mit einem kurzen die Epidermis durchsetzenden Ausführungsgange.



59

Hautdrüse aus der Amphibienhaut. Copie n. FLEMMING (7, 1888).



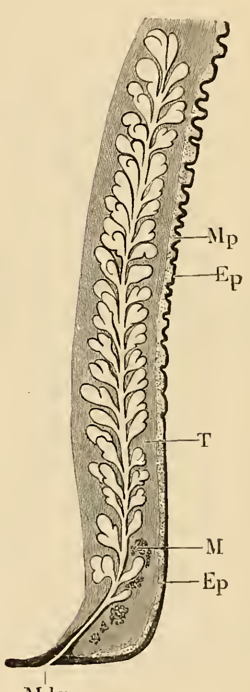
60

Schema einer einfachen verästelten alveolären Drüse = Endgruppe einer zusammengesetzten. Copie n. FLEMMING (7, 1888).

Einfache verästelte alveoläre Drüse. Dieselbe kann in zwei Formen auftreten, einmal in der, welche Figur 60 wiedergiebt, die zugleich als die Darstellung einer Endgruppe einer zusammengesetzten alveolären Drüse dienen mag, und zweitens in der, welche Figur 61 darstellt. Im letzteren Falle münden eine Anzahl von einfachen alveolären Drüsen hinter einander in einen gemeinsamen Ausführungsgang.

Zusammengesetzte alveoläre Drüse (*B. II*). Dieselbe entspricht vollkommen der zusammengesetzten tubulösen Drüse bei Zugrundelegung des in Figur 60 dargestellten Schemas als Endgruppe.

Wegen alles Weiteren wird auf die eingehende Beschreibung der Drüsen in den entsprechenden Kapiteln verwiesen.



61

MEIBOM'sche Drüse aus dem oberen Augenlide des Menschen. Die Zeichnung ist unter Berücksichtigung mehrerer Schnitte angefertigt. Ganz schwache Vergrösserung. Ep = Epithel, im Querschnitte, M = Musc. ciliaris Riolani, Mdg = Mündung des Ausführungsganges der Drüse, Mp = Mucosa propria, T = Tarsus.

II. Die Haare und Nägel.

Haare und Nägel ragen als Fortsätze des menschlichen Oberhautepithels nach aussen vor. Aehnlich bei Thieren: Haare, Federn, Stacheln, Borsten, Hörner, ferner Nägel, Klauen, Krallen, Hufe. Die tieferen Theile beider Gebilde liegen jedoch als Einsenkungen des Epithels in Taschen, die von Bindegewebe gebildet werden. Von hier aus findet auch Ernährung und Wachsthum statt (s. „Haut“ etc.).

* * *

Die Keimstöcke.

Gewöhnlich rechnet man zu den Drüsen auch den männlichen und weiblichen Keimstock (das Spermarium und das Ovarium), und bezeichnet diese dann als „zellenbereitende Drüsen“. Mir scheint diese Auffassung dem Begriff „Drüse“ zu widersprechen, denn eine Zellvermehrung kann niemals einer Drüsensecretion gleichgesetzt werden. Der Umstand, welcher es veranlasst hat, dass man die Keimstöcke zu den Drüsen zählte, ist der, dass in vielen Fällen eine gewisse äussere Aehnlichkeit in dem Bau der beiden Gebilde vorhanden ist, und dass die neugebildeten Zellen zu einer gewissen Zeit durch Ausführungsgänge an ihren Bestimmungsort geleitet werden. Diese Uebereinstimmung betrifft aber eben nur Aeusserliches, während das wesentlich Charakteristische der Keimstöcke: die Neubildung von Zellen und die Umwandlung derselben, sie scharf von den echten Drüsen scheidet. Dazu kommt dann noch, dass die wesentlichen Zellen derselben, die Spermatogonien und die Oogonien, sicher nicht einfache Epithelzellen sind, sondern von specifischen als „Geschlechtszellen“ bezeichneten Gebilden abstammen (wegen des Näheren s. „männliche“ und „weibliche Geschlechtsorgane“).

Technische Bemerkungen.

1) Von allen etwas dickeren Epithelien, kubischen Pflasterepithelien, geschichteten Pflasterepithelien, Cylinderepithelien etc. erhält man Uebersichtspräparate, wenn man sehr dünne Schnitte von den betreffenden Organen senkrecht zur Epitheloberfläche macht, nachdem irgend eine Härtung event. Einbettung vorhergegangen ist. Man färbt mit einem beliebigen Kernfärbemittel. — Um solche Schnitte von der Linse zu erhalten, nehme man eine embryonale Linse, da eine ältere bei der Härtung zu hart und

spröde wird. — Für derartige Schnitte durch das Sinnesepithel empfiehlt sich Fixirung in Osmiumsäure $^1/_2$ % oder FLEMMING'scher Chromosmiumessigsäure, dann Alkohol.

2) Isolieren lassen sich die meisten Epithelzellen sehr schön nach 2 bis 3tägigem Verweilen in MÜLLER'scher Flüssigkeit oder in Drittelalkohol. Man kann dieselben dann mittels einer Lanzettnadel direct auf den Objectträger oder in ein Uhrgläschen mit Wasser abschaben, sie in diesem auch auswaschen, indem man das Wasser erneuert, nachdem sie sich auf den Boden gesenkt haben, und ebenso auch färben durch Zusatz von Carmin (Alauncarmin, Carminsaures Natron) oder Hämatoxylin, dann ansehen in Wasser oder Glycerin, aufheben in dem Letzteren. — Die Grenzen der Epithelzellen an sich lassen sich durch Versilberung des frischen Präparats leicht deutlich machen (nicht anwendbar bei den verhornten Epithelien).

3) Hornschüppchen der äusseren Haut und verhornte Plattenepithelien einer Schleimhaut erhält man leicht durch Kratzen über die Oberhaut und Ansehen des abgekratzten Staubes in Wasser sowie durch Herausholen eines Tröpfchens Speichel aus dem Munde mittels eines Glasstabes resp. nachdem man diesen einige Male über die Zunge gestrichen hat. Wegen der betreffenden Reactionen siehe das Capitel über die Haut.

4) um die Epithelzellen der äusseren Haut zu isoliren, verwende man Pankreatinum siccum (s. Bd. I, p. 159).

5) Pigmentepithelzellen der Retina sieht man gut an dünnen Schnitten (Härtung in MÜLLER'scher Flüssigkeit, Sublimat, FLEMMING'scher Chromosmiumessigsäure) oder isolirt nach Behandlung des Auges mit MÜLLER'scher Flüssigkeit oder Drittelalkohol. Man hebe die Retina ab und kratze mit einer Lanzettnadel etwas von dem schwarzen Ueberzuge ab, der auf der Chorioidea sitzt. Vorher kann man noch mit Carmin färben. Aufheben in Glycerin.

6) Flimmerepithel.

a) lebend am besten von einem Frosch oder einer Teichmuschel (Anodonta). Dem ersteren schneide man mit einem kräftigen Scheerenschnitte den Kopf ab und entnehme der leicht abpräparirbaren Gaumenschleimhaut ein Stückchen (mit feiner Schere und Pincette), dieses bringe man in Jodserum oder physiologische Kochsalzlösung (s. Bd. I.) mit der flimmernden Seite nach oben, lege ein Deckglas auf und untersuche den Rand. Von der Teichmuschel schneide man ein Stück des Kiemensaums ab und untersuche in der Flüssigkeit, die sich in der Muschel vorfindet. Vorher muss man die Muschel aussen sauber abtrocknen und dann vermittelst Durchschneidens des Schliesmuskel öffnen. Die Wimpern sind hier noch grösser und deutlicher als beim Frosch. Ausgezeichnet ist auch das Darmepithel desselben Thieres; b) man fixire kleine Stücke des Darmepithels von Anodonta (oder auch der Gaumenschleimhaut von Frosch oder Salamandra) mit einprozentiger Osmiumsäure, die man indessen nur einen Moment einwirken lässt, dann sofort in Wasser auswaschen und in diesem sorgfältig zerzupfen und untersuchen. Oder man wende eine vierprocentige Lösung von Kali bichromicum oder eine zehnprozentige von Chlornatrium an (nach ENGELMANN, 6. XXIII. p. 519 und 520, um den Fadenapparat zu isoliren; mir hat das Kali bichromic. am besten gefallen, das die Fasern

sehr scharf hervortreten lässt. Ferner eine concentrirte wässerige Lösung von Bor- oder Salicylsäure (Engelmann), um den Fadenapparat in der Zelle deutlich zu machen. Man thut in diesem Falle gut, im Laufe der ersten Einwirkungsstunde schon zu untersuchen; c) um ein Uebersichtsbild zu erhalten, genügt Einlegen in Müller'sche Flüssigkeit oder Drittelalkohol für wenige Tage der obengenannten Präparate oder der Tracheal- resp. Bronchialschleimhaut eines höheren Thieres resp. des Menschen, dann Abkratzen des Epithels, Zerzupfen in Wasser; d) gefärbte Schnitte durch erhärtete Präparate.

7) Respiratorisches Epithel. Man injicire die Lunge eines frisch getödteten Thieres von der Trachea aus (entweder mittels einer Spritze: Kanüle in Trachea gebunden, oder eines Druckapparates: Glaskanüle eingebunden, Gummischlauch, Trichter. Das letztere besser.) mit einer 0,25 bis 0,1 procentigen Lösung von Arg. nitric., spritze dann Alkohol nach und hänge die Lunge in ein Glas mit Alkohol von 96 %. Nach genügender Härtung Einbettung in Celloïdin, Schnitte in Glycerin, Farrant'scher Lösung, Lack. Die Grenzen der Epithelzellen in den Bronchien und Alveolen treten deutlich hervor, in letzteren das respiratorische Epithel.

8) Becherzellen auf Schnitten durch die gehärteten Organe (am besten Darm, Trachea) oder nach Maceration in Müller'scher Flüssigkeit oder Drittelalkohol. Ferner Gaumenschleimhaut oder Zunge von Frosch oder Salamandra in Osmiumsäure 0,5 % einen Moment fixirt, dann in Wasser abgespült und untersucht und ebensolche Präparate in einem Glase über 2 procentiger Osmiumsäure für 24 Stunden aufgehängt, in dem Dampfe fixirt, dann in Wasser abspülen und untersuchen: gequollene und leicht geschrumpfte Becherzellen (s. Fig. 51).

9) Darmepithelzellen mit Stäbchensaum. Um die Stäbchen in der homogenen Saummasse zu sehen, lege man Stückchen von frischem Darm für einen Tag in eine 5 procentige Lösung von gelbem, einfachchromsaurem Ammoniak (Heidenhain 6. XLIII. Supplement p. 11 ff.), kratze das Epithel ab, zerzupfe es. Je nachdem man durch Zusatz einer starken Kochsalzlösung den Zellen Wasser entzieht oder durch Zusatz von Wasser dieses in grösserer Menge zuführt, treten die Stäbchen in dem homogenen Saume deutlicher hervor, da dieselben sich bei bestimmtem Wassergehalte in ihrem Lichtbrechungsvermögen von der homogenen Saumsubstanz unterscheiden. Denselben Versuch mache man dann auch mit frischen Zellen. Hierbei kommt es leicht vor, dass sich der Saum der Zelle durch einen hellen Tropfen, der sich unter ihm bildet, abhebt. — Zur Fixirung und Härtung benutze man Kochsalz-Sublimat-Alkohol, Pikrinsäure-Alkohol, Alkohol absolutus (hierbei mit nachfolgender Färbung treten die Knötchen am ehesten hervor). Färbung mit Haematoxylin-Kalium chromicum.

10) Um Haarzellen aus dem Flimmerepithel zu sehen, untersuche man den Trachealschleim. Oder man injicire einem Frosche 1 cc. einer einprocentigen Lösung von Pilocarpinum muriatic. unter die Rückenhaut, untersuche nach 24 Stunden den im Oesophagus massenhaft vorhandenen Schleim (Heidenhain). Oder man tröpfele einem Frosche einige Tropfen einer 0,25 bis 0,5 procentigen Lösung von Osmiumsäure in den Rachen, untersuche dann Oesophagusschleim und Epithel (Neumann). — Aus dem

Darme erhält man sie (Heidenhain 6. XLIII. Supplement. p. 15 ff.), wenn man in eine isolirte Darmschlinge des lebenden Hundes, Kaninchens, Meerschweinchens eine 10 bis 20 procentige Lösung von schwefelsaurer Magnesia injicirt, nach einer Einwirkung von 15 Minuten die Flüssigkeit entleert und untersucht. Fixirt man ein derartig behandeltes Darmstück in Sublimat, so kann man die Zellen auch auf Schnitten sehen. Injicirt man mittels einer Pravaz'schen Spritze 2 bis 3 Tropfen einer 2 procentigen Osmiumsäurelösung in eine leere Schlinge eines Kaninchen- oder Meerschweinchendarmes, so erhält man die Zellen auf der Schleimhaut in der Umgebung der Aetzstellen.

11) Stäbchenepithel. Man fixire lebend frische Stückchen der Rindensubstanz einer Niere und untersuche sehr feine ev. gefärbte Schnitte in schwächer lichtbrechenden Flüssigkeiten, doch treten die Stäbchen auch in Balsam schon ziemlich deutlich hervor. An isolirten Zellen sieht man dieselben nach Maceration in 5 procentiger Lösung von neutralem chromsaurem Ammoniak. — Man fixire Stückchen einer frischen Gl. submaxillaris oder des Pankreas und untersuche an feinen ev. gefärbten Schnitten, die Quer- und Längsansichten der mittleren Ausführungsgänge.

12) Bürstenepithel. Man fixire Stückchen von ganz frischem Darm, Magen, von frischer Niere (besonders günstig die des Huhnes n. Heidenhain) in Kochsalz-Sublimat oder Alkohol-Sublimat oder Alkohol und untersuche sehr feine Schnitte, ev. gefärbt (z. B. mit Hämatoxylin-Kalium chromicum n. Heidenhain).

VIERTES CAPITEL.

Morphologie des Muskelgewebes; Bau der Muskeln.

Allgemeines.

Die Definition des Muskelgewebes ist zunächst eine physiologische: die Muskelzellen besitzen die Fähigkeit, sich auf einen gegebenen Reiz nach einer bestimmten Richtung hin zu verkürzen, sich zu contrahiren. Die Folge der Contraction der Zellen ist die Contraction des aus ihnen sich aufbauenden Organs: des Muskels. In Folge dieser specifischen Function sind indessen die Muskelzellen auch morphologisch so weit differenzirt worden, dass man sie in sehr vielen Fällen wenigstens direct unter dem Mikroskop als solche erkennen kann. Besonders charakteristisch ist eine Differenzirung von Fibrillen in dem Protoplasma, welche allerdings noch nicht für alle Muskelzellen nachgewiesen worden ist. Diese Fibrillen sind entweder ihrer ganzen Länge nach gleichartig, oder selbst wieder so differenzirt, dass sie in regelmässig aufeinander folgende optisch verschiedene Abtheilungen zerfallen, wodurch bei ihrer normalen Lagerung in der Muskelzelle der Anschein einer Querstreifung dieser letzteren bewirkt wird. Da dieses Aussehen ganz charakteristisch ist, und da auch die physiologische Wirkungsweise der quergestreiften Zellen eine wesentlich andere ist, so theilen wir die Zellen des Muskelgewebes in zwei Hauptgruppen ein, in die der glatten und die der quergestreiften Muskelzellen. Eine weitere Verschiedenheit wird noch bedingt durch die Anzahl der in einer Muskelzelle enthaltenen Kerne: die

glatten sind beim Menschen einkernig, während die quergestreiften ein-, zwei- und vielkernig sind. Ihrem Werthe nach stehen die glatten, welche keine Fibrillen erkennen lassen, am tiefsten, dann folgen die glatten fibrillenführenden, dann die quergestreiften einkernigen, endlich die vielkernigen, welche nun wiederum noch je nach der Menge und Anordnung der in ihnen enthaltenen Fibrillen verschieden hochstehend erscheinen. Ihrer Wirkungsweise entsprechend ist die Form der Muskelzellen im Allgemeinen eine mehr langgestreckte faserförmige, daher: Muskelfasern, kurz und stumpf erscheinen die Zellen unter Umständen dann, wenn sie sich zu einem Muskelnetz verbinden (Herzmuskel).

I. Die glatten Muskelzellen (glatte Muskelfasern, contractile oder muskulöse Faserzellen [KÖLLIKER]).

A) **Form, Beschaffenheit, Grösse.** Die glatte Muskelzelle ist gewöhnlich spindelförmig, bei grösserer Länge faserähnlich (Figur 62), sie besitzt keine Membran und hat glatte Conturen (betreffs der Kannelirung der äusseren Oberfläche siehe unten), welche nur in Folge von Behandlung mit wasserentziehenden Reagentien eine durch Schrumpfung entstandene Zähnelung zeigen (Figur 62 b). Die spitz auslaufenden Enden der Fasern theilen sich mitunter gabelförmig (Figur 63). In ihrer Mitte liegt ein lang ovaler, häufig direct „stäbchenförmiger“ Kern (Figur 64, vergl. auch die Figuren 65 und 70 a), welcher ein, zwei oder mehrere Kernkörperchen und ein mehr oder weniger gut

a b

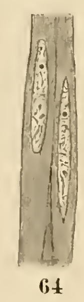
62

Zwei glatte Muskelzellen aus dem Froschmagen durch 33 procentige Kalilauge isolirt. Vergr. 500. a) mit glatten Conturen, b) in Folge von Schrumpfung leicht gezackt, einmal umgeschlagen, nur die halbe Zelle gezeichnet.



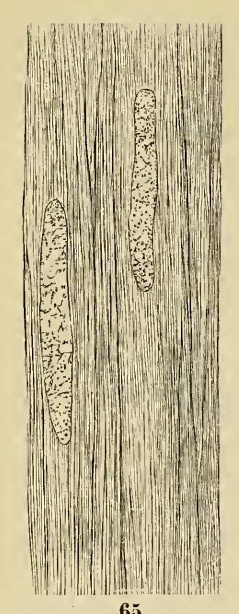
63

Gegabeltes Ende einer glatten Muskelzelle aus dem Froschmagen durch Salpetersäure isolirt. Vergr. 500.



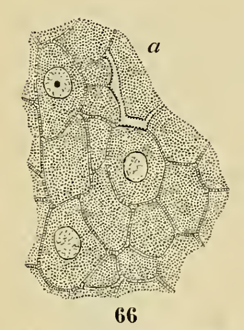
64

Die mittleren kernhaltigen Theile zweier glatter Muskelzellen. Aus einem Querschnitt des Froschdarmes. Alkohol, Alauncarmin. Vergr. 525.



65

Stück eines Längsschnittes durch die Muscularis externa des Katzendarms. Chromosmiumessigsäure, Boraxcarmin. Nach einem Präparat v. BARFURTH. Fibrillen, Kerne. Vergr. 1000.



66

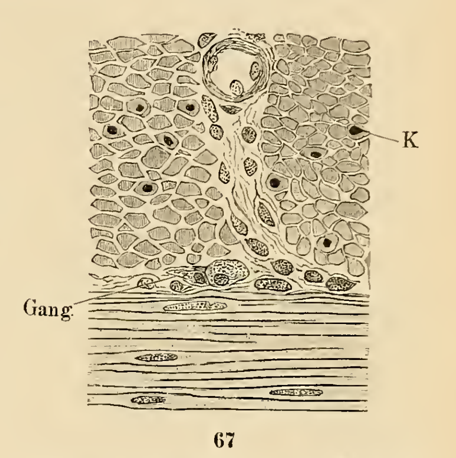
Stück eines Querschnittes der Muscularis externa des Katzendarms. Chromosmiumessigsäure, Boraxcarmin. Nach einem Präparat von BARFURTH. Kerne, Fibrillen im Querschnitt, Brücken zwischen den Querschnitten der Muskelzellen als Ausdruck der Kannelirung der Oberfläche derselben. Bei a eine Lücke. Vergr. 1000.

ausgebildetes Kernnetz erkennen lässt. Bei Anwendung von wasserentziehenden Reagentien liegt häufig der geschrumpfte Kern in einer Höhle des Protoplasmas (Figur 62). Auf dem Querschnitt erscheint der Zellleib durch die gegenseitige Abplattung der eng aneinander liegenden Zellen polygonal und häufig nach einer Richtung hin verlängert, so dass die Muskelzelle dann im Ganzen mehr abgeplattet, bandförmig sein würde (vergl. die Figuren 66 und 67). Das Zellprotoplasma sieht entweder mehr homogen, resp. feinkörnig aus oder lässt eine grosse Anzahl feiner, der Länge nach die Zelle durchsetzender cylindrischer Fäserchen, Fibrillen, erkennen, welche durch eine mehr homogen erscheinende Masse, Sarkoplasma, mit einander verbunden werden (Figuren 65 und 66). Wie der Querschnitt zeigt, liegen dieselben regelmässig durch die Zellen zerstreut. Solche fibrillenführenden Muskelzellen sind bis jetzt schon an recht verschiedenen Stellen nachgewiesen worden (im Vas deferens des Menschen, an manchen Zügen von Gefässmuskulatur aus der Nähe desselben, am Darm von Säugethieren und vom Frosch, an Blutgefässen verschiedener Art, ferner bei Wirbellosen), so dass es wohl wahrscheinlich ist, dass alle glatten Muskelzellen Fibrillen enthalten werden. Nach den spitzen Enden der Zelle zu nehmen die Fibrillen an Menge ab, indem sie der Reihe nach am Rande aufhören (ENGELMANN). Ihr Lichtbrechungsvermögen ist so stark, dass die Grenzen der Zellen kaum zwischen ihnen zu bemerken sind (ENGELMANN), wie das auch Figur 65 zeigt. Im polarisirten Licht erweist sich die Muskelzelle als positiv einaxig doppelbrechend, die Axe parallel der Längsaxe der Zelle (vergl. Bd. I p. 246 und 248).

Was die Grösse der glatten Muskelzellen beim Menschen anlangt, so haben dieselben nach

KÖLLIKER im Durchschnitt eine Länge von 100 bis 200 μ, eine Breite von 4 bis 6 μ. Als Extreme führt derselbe auf: die kürzesten Muskelzellen der Aortenwand mit 22 bis 45 μ Länge und 9 bis 13 μ Breite, die dabei ganz platt sind, und Fasern des Uterus gravidus, des Vas deferens und der Darmwand, die 500 bis 560 μ in der Länge und an den beiden erstgenannten Organen bis zu 22 μ in der Breite messen und mehr spindelförmig sind.

B) **Zusammenlagerung und Organbildung.** Kommen glatte Muskelzellen mitunter auch mehr vereinzelt im Bindegewebe eingelagert vor, so sind dieselben doch meistens mit einander zu Bündeln, Häuten etc. verbunden. Es liegt dann zwischen den Fasern eine heller erscheinende, weniger stark lichtbrechende Kittsubstanz (Figur 67), welche indessen nur auf dem Querschnitt deutlich hervortritt, auf dem Längsschnitt sieht man die Grenzen der einzelnen Muskelfasern nur schwach angedeutet. Bei sehr schonender Fixirung des Gewebes (KULTSCHIZKY, Biol. Centralbl. VII. p. 572; Chromosmiumessigsäure, BARFURTH) erkennt man bei starker Vergrösserung deutlich (vergl. Figur 66), dass eine grössere Anzahl von sehr feinen Brücken vorhanden ist, welche, ähnlich wie bei den Stachel- und Riffzellen der Epidermis, die benachbarten Muskelzellen mit einander in Verbindung setzen. Da dieselben aber nur auf dem Querschnitt sichtbar sind (vergl. auch Figur 65), so muss man annehmen, dass die Oberfläche der Zellen feinkannelirt ist. Die vorspringenden Kanten entsprechen einander bei den benachbarten Zellen genau an Zahl und müssen durch eine ausserordentlich geringe Menge einer Kittsubstanz, die bis jetzt noch nicht gesehen worden ist, mit einander verbunden sein, da die Zellen fest aneinander haften und in Folge der Einwirkung bestimmter Reagentien (Kali- und Natronlauge, Salpetersäure), von denen man



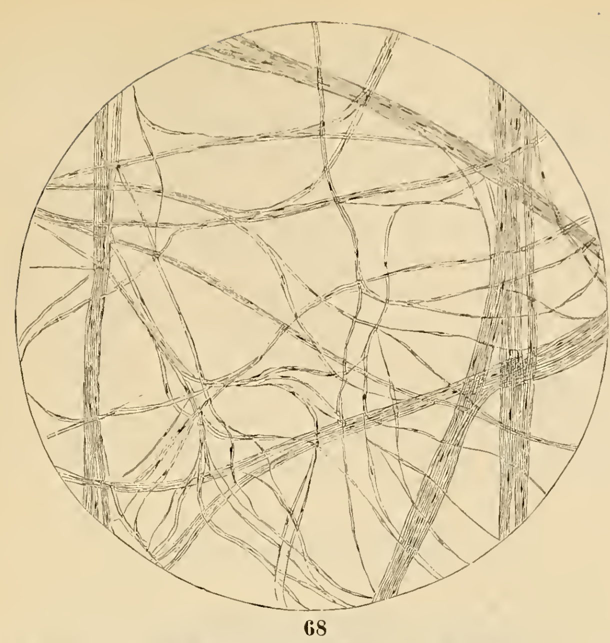
67

Stück eines Längsschnitts durch die Muscularis externa des Katzendarms: Längs- und Ringmuskelschicht, in der letzteren ein zwei Bündel trennender Zug von Bindegewebe mit einem Blutgefäss, welcher aus der intermuskulären Bindegewebsschicht aufsteigt, in der bei Gang ein Stück eines zum AUERBACH'schen Plexus gehörenden Ganglions liegt. K = Kern. MÜLLER'sche Flüssigkeit, Alkohol, Alauncarmin. Vergr. 500.

auch sonst weiss, dass sie Kittsubstanzen auflösen, leicht von einander zu isoliren sind. Ein sehr klares Bild der betreffenden Verhältnisse gewähren namentlich auch solche Stellen der Präparate, an denen in Folge einer Schrumpfung eine Lücke zwischen benachbarten Zellen entstanden ist (vergl. Figur 66 bei a). Diese Bilder lehren zugleich, dass bei einem Präparat, wie es Figur 67 darstellt, eine stärkere Veränderung und Schrumpfung eingetreten ist. Was für eine Substanz in den durch die Kannelirung gebildeten feinen Röhrchen sich befindet, ob hier Lymphströme hinziehen oder ob sie von einer festeren Kittsubstanz ausgefüllt werden, ist noch unbekannt, wenngleich für die erstere Annahme eine gewisse Wahrscheinlichkeit spricht. Der ziemlich feste Zusammenhang, welchen die Muskelfasern unter einander besitzen, würde durch die über ihre ganze Länge hinlaufenden Verbindungen genügend erklärt werden. Ob zusammenliegende Muskelzellen stets in der eben beschriebenen Weise mit einander verbunden sind, ist noch nicht nachgewiesen, aber wohl als wahrscheinlich anzunehmen.

Durch ihre Zusammenlagerung bilden die glatten Muskelzellen theils Muskelbündel, welche sich eventuell durch Aeste mit benachbarten verbinden und so ein Muskelnetz entstehen lassen können, theils Muskelplatten und Muskelhäute, in denen häufig wieder eine Zusammensetzung aus Bündeln unverkennbar ist, so dass sie eventuell auch als ein sehr enges Muskelnetz oder als ein von Muskelbündeln gebildeter Muskelfilz aufgefasst werden können. Ein Beispiel eines sehr schönen relativ weitläufigen Muskelnetzes finden wir in der Harnblase des Frosches. Figur 68 stellt ein Stück daraus dar ohne die übrigen Gewebe, welche sonst noch die Wand der Blase zusammensetzen, zu berücksichtigen. Man erkennt deutlich die feinstreifigen, mit stäbchenförmigen Kernen versehenen Bündel, deren zahlreiche Abzweigungen mit benachbarten anastomosiren.

Als Beispiel des Baues einer Muskelhaut möge Figur 69 dienen, welche einen Schnitt durch die Darmmuskulatur der Katze darstellt. Wie es sehr häufig bei Muskelplatten der Fall ist, welche Hohlorgane umgeben, so stehen auch hier die Axen der Muskelzellen in den aufeinander liegenden Häuten senkrecht zu einander. Beide sind getrennt durch Bindegewebe, welches die Gefässe und Nerven führt und Fortsätze in das Innere der Häute hineinsendet, die eine Zusammensetzung derselben aus Muskelbündeln andeuten. In diesen selbst liegen reiche Capillarnetze, welche mit langen, der Axe der Zellen parallelen Maschen dieselben umgeben und von den im Bindegewebe befindlichen

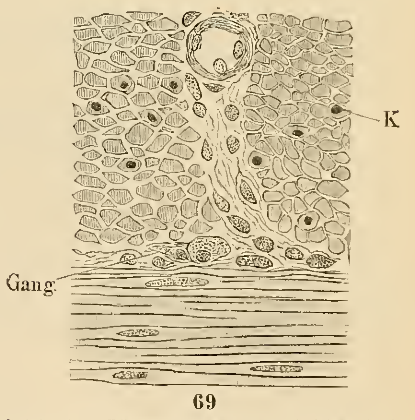


68

Netzförmig angeordnete Bündel glatter Muskelzellen aus der ausgedehnten Froschblase. Alkohol, Eosin-Dahlia. Nur die Muskelbündel gezeichnet. Schwache Vergrösserung.

Blutgefässen ausgehen. Ganz ähnlich verhalten sich die Lymphgefässe.

Was die Nerven anlangt, so bilden die markhaltigen Fasern mehrfache Plexus, vermehren sich durch Theilungen und werden marklos. Die marklosen Fasern bilden häufig weitere Plexus, bis sie als feinste Fäserchen zu den Muskelzellen hinziehen und sich mit diesen in der Nähe des Kerns (Löwit) verbinden. Allerdings ist diese Art der Endigung noch nicht als sicher zu betrachten, immerhin aber wahrscheinlicher als die von Frankenhäuser und Arnold angenommenen Beziehungen der Nervenfasern zu dem Kern, resp. dem Kernkörperchen.



69

Stück eines Längsschnitts durch die Muscularis externa des Katzendarms: Längs- und Ringmuskelschicht, in der letzteren ein zwei Bündel trennender Zug von Bindegewebe mit einem Blutgefäss, welcher aus der intermuskulären Bindegewebsschicht aufsteigt, in der bei Gang ein Stück eines zum Auerbach'schen Plexus gehörenden Ganglions liegt. K = Kern. Müller'sche Flüssigkeit, Alkohol, Alauncarmin. Vergr. 500

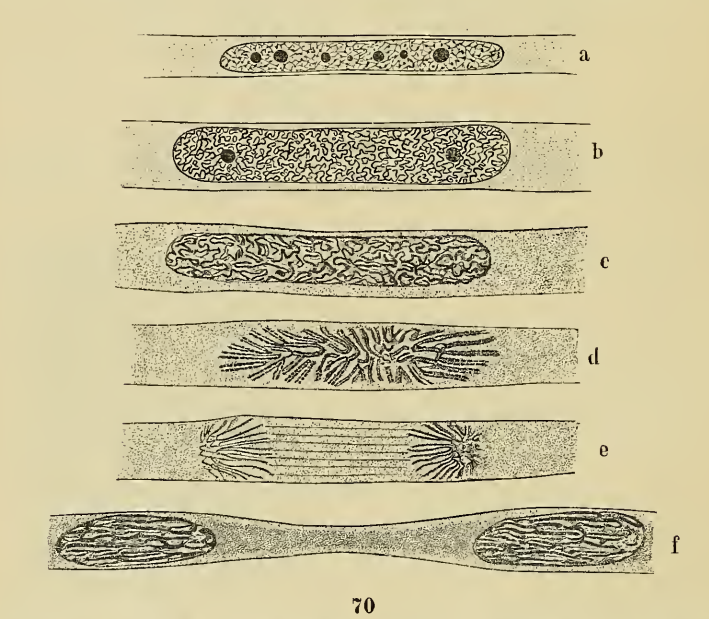
C) **Entwickelung, Regeneration, Hypertrophie.** Bei der ersten Entwickelung entstehen die Muskelfasern durch Auswachsen rundlicher Zellen. Ihrer Abstammung nach lassen sich unterscheiden:

mesodermale Muskelzellen — die meisten,

ektodermale Muskelzellen — in den Knäueldrüsen (Kölliker),

entodermale Muskelzellen in den Lungen von Säugethierembryonen an den primitiven Bronchien (Stieda, Kölliker).

Sie vermehren sich durch Karyokinese, wobei die Theilungsebene senkrecht zur Axe der Faser steht und in der Mitte durchschneidet. Auf diese Weise werden auch Defecte ersetzt, die durch Verwundungen entstanden sind (Stilling und Pfitzner, Experimente am Magen von Triton 1, XXVIII und Busachi, Med. Centralbl. 1887 Nr. 7 an der Muskulatur des Darms, der Prostata, Blase, des Uterus von Säugern). Figur 70 a bis f stellt die am häufigsten zur Beobachtung kommenden



70

Glatte Muskelzelle in mitotischer Theilung; die am häufigsten sichtbaren Stadien. Aus der Magenwand von Triton taeniatus. Copie nach Stilling und Pfitzner (1, XXVIII). a) ruhender Kern mit Kernnetz und mehreren Kernkörperchen, b) dichter Knäuel, c) lockerer Knäuel, d) Mutterstern, e) Tochtersterne, f) Tochterkerne, Einschnürung des Zellleibes.

Stadien der Mitosen dar, wie sie bei jugendlichen Thieren (z. B. in der Darmmuskulatur) oder bei Verheilung von Wunden leicht zu sehen sind.

Bei dem starken Wachsthum des schwangeren Uterus findet eine starke Vergrösserung der einzelnen Muskelzellen statt, welcher eine sehr schnelle Verkleinerung nach der Geburt entspricht, so dass dieselben schon drei Wochen nach der letzteren wieder dieselbe Länge zeigen wie im jungfräulichen Uterus (Kölliker, Handb. 5. Aufl.).

D) **Wirkungsweise.** Die glatten Muskelfasern ziehen sich langsam aber andauernd und kräftig zusammen. Ihre Anordnung zu Netzen und in Häuten mit auf einander senkrecht stehender Contractionsrichtung macht sie besonders geeignet, eine allseitige und gleichmässige Druckwirkung auszuüben. So werden sie sehr vielfach zur Umgebung von Hohlräumen verwendet, in denen mehr oder weniger flüssige Massen fortbewegt werden sollen, wobei häufig in Folge der Nervenanordnung die Contraction gleich einer Welle in der gewünschten Richtung fortschreitet (Peristaltik). Die glatte Muskulatur ist der Einwirkung des Willens entzogen.

E) **Vorkommen.** Es findet sich beim Menschen:

a. Glatte Muskulatur an grösseren Hohlorganen:

1) Darm. Zur Bewegung des ganzen Organs dienen im wesentlichen die Ring- und Längsmuskelschicht, welche nach aussen von der Submucosa den Darm umgeben. Sie finden sich von dem Eintritte des Oesophagus in die Brusthöhle an bis zu einer unten am Rectum gelegenen mächtigen Ringschicht, dem Sphincter ani internus, mit welchem sie dicht oberhalb des Sphincter ani externus abschliessen.

2) Respirationstractus. In der Trachea liegt glatte Muskulatur im hinteren häutigen Theile, weiter unte numgiebt sie die Bronchien bis zu den feinsten Theilungen.

3) Harnorgane. Von den Nierenkelchen und dem Nierenbecken durch Ureteren und Blase liegen überall glatte Muskelzellen in der Wandung in verschiedener bald mehr häutiger, bald mehr bündelförmig-netzbildender Anordnung bis zu der mächtigen Ansammlung in der Prostata hin.

4) Männliche Geschlechtsorgane. Im Nebenhoden, Vas deferens und den Samenblasen.

5) Weibliche Geschlechtsorgane. Als häutige Schichten in den Eileitern, als mächtige Wandmasse in der Gebärmutter, als Bündel in der Scheide.

6) Gefässsystem. Als mächtiger Wandbestandtheil in vielen Blutgefässen, theils als Haut, theils in Bündeln; ferner in der Wand

vieler Lymphgefässe, in den Lymphgefässe führenden Darmzotten, in Hülle und Balken von Lymphdrüsen und Milz, ferner in dem cavernösen Gewebe der männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane.

b. An Drüsen: um den Inhalt derselben auszupressen oder in Ausführungsgängen weiterzubewegen.

1) In der Wand der *Knäueldrüsen:* Schweissdrüsen, Achseldrüsen, Ohrenschmalzdrüsen.

2) In der Mucosa des *Magens* und *Darms:* unterhalb der Drüsen als Muscularis mucosae, von der aus Bündel zwischen die Drüsen heraufgehen, so ein Muskelnetz bildend.

3) Auf die *Talgdrüsen* der Haut wirkt der Druck der Haarbalgmuskeln, Arrectores pilorum, ein.

4) Der Ausführungsgang der *Gl. submaxillaris* besitzt glatte Muskeln in unvollkommener Lage.

5) *Leber:* In Gallenblase und Duct. choledochus.

6) Um die *Gl. prostatica* und die COWPER'*schen Drüsen.*

c. Zur Ausübung von länger andauernder Zugwirkung:

1) Im *Auge:* Ciliarmuskel, Sphincter und Dilatator pupillae. In und an der Orbita: M. orbitalis und M. palpebralis sup. und inf. (H. MÜLLER).

2) In der *Haut:* Haarbalgmuskeln (als selbstständige Bündel), Tunica dartos (als Haut), ferner in der Haut von Penis, Perineum, Brustwarze und Warzenhof, Kopfhaut.

3) *Männliche Geschlechtsorgane:* M. transversus perinei profundus, Cremaster internus.

4) Mehr oder weniger selbstständige *Eingeweidemuskeln* theilweise in Beziehung zu Pleura und Peritoneum: M. broncho-oesophageus (HYRTL), M. pleuro-oesophageus (HYRTL), M. suspensorius duodeni (TREITZ), Mm. rectococcygei (TREITZ), Mm. pubo-vesicales (HENLE), Muskelzüge in den Ligg. lata, in den Ligg. rotunda uteri.

Wie man aus dieser Uebersicht ersieht, finden sich glatte Muskelfasern nur an Eingeweiden, man nennt dieselben daher auch organische Muskelfasern im Gegensatze zu den animalischen, welche die Skeletmuskeln darstellen (siehe unten).

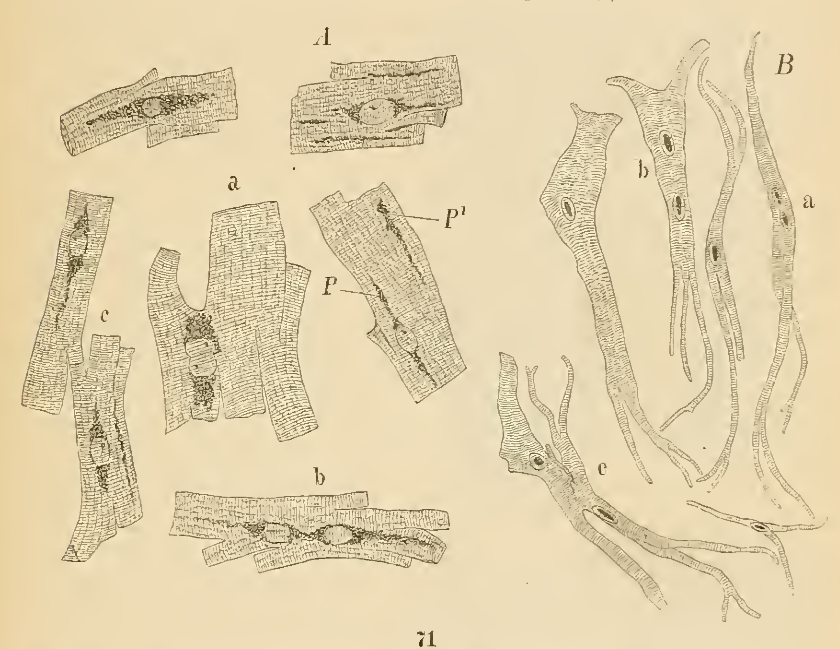
Wo die glatten Muskelzellen im Bindegewebe als Bündel endigen, geschieht dieses vermittelst sogenannter elastischer Sehnen, d. h. elastische Fasernetze umspinnen die Bündel und endigen selbst wieder in dem elastischen Gewebe des betreffenden Bindegewebes.

II. Die quergestreiften Muskelzellen (Muskelfasern).

A) Allgemeine Form und Beschaffenheit.

Die quergestreifte Muskelzelle hat eine zwiefache Beschaffenheit:

1) sie ist **ein-** oder höchstens **zweikernig**, ziemlich kurz, mehr cylindrisch oder abgeplattet und bildet durch Abgabe kurzer Aeste, welche sich mit denen benachbarter zusammenfügen, Netze. Solche Zellen bilden die Herzmuskulatur (Figur 71);



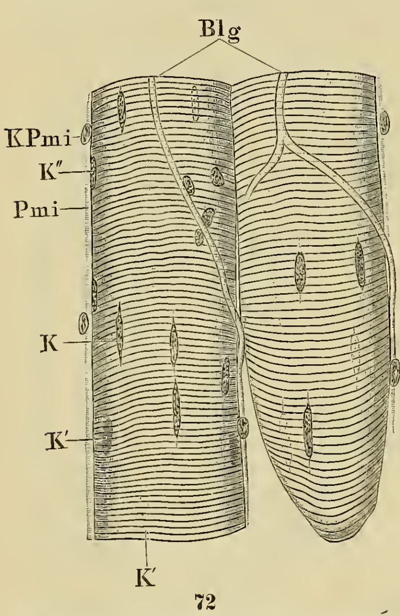
71

Herzmuskelzellen isolirt. Vergr. 224. *A)* Vom Menschen, isolirt in 33procentiger Natronlauge. a Zelle mit einem in directer Theilung befindlichen Kern. b Zelle mit zwei Kernen. c zwei Zellen, deren Fortsätze aneinander liegen, P = Pigmentanhäufung in dem den Kern umgebenden Sarkoplasma. P¹ = Pigmentanhäufung in einem kernfreien Sarkoplasmastreifen. *B)* Von Rana temporaria, isolirt durch 33procentige Kalilauge. a Zelle mit einem in directer Theilung begriffenen Kern. b Zelle mit zwei Kernen. c Zelle mit zwei Kernen oder auch vielleicht zwei durch eine sehr breite Brücke mit einander verbundene Zellen.

2) sie ist **vielkernig** und dann ein langes cylindrisch prismatisches Gebilde mit mehr konisch zulaufenden oder auch mehr abgestumpften Enden. Sie kann ungetheilt sein (meistens) (Figur 72) oder sich auch mehr oder weniger stark verästeln (vergl. Figur 74). Solche Zellen bilden die übrige quergestreifte Körpermuskulatur.

Da diese beiden Arten der quergestreiften Muskelzelle im Prinzipe denselben Bau besitzen, so können wir sie gemeinsam besprechen.

Das, was der quergestreiften Muskelzelle ihr charakteristisches Aussehen verleiht, an welchem schon kleine Stückchen derselben unter dem Mikroskope sofort erkannt werden, ist die Q u e r s t r e i f u n g. Wie man auf Figur 71 und 72 erkennt, wechseln helle und dunkle Streifen (schwächer und stärker lichtbrechende) mit einander ab. Es wurde oben schon erwähnt, dass diese Querstreifung hervorgerufen wird durch eine besondere Beschaffenheit der Fibrillen, auf welche wir weiter unten noch genauer einzugehen haben werden. Dass die Fibrillen keine Kunstprodukte sind, wie man früher mitunter annahm, sondern auch der frischen Faser zukommen, ist schon vor längerer Zeit bewiesen worden (SACHS Arch. f. Anat. u. Phys. 1872, WAGNER 1, IX, X; 7, 1880). Wie bei der glatten Muskelfaser liegen die aus dem Protoplasma differenzirten Fibrillen eingebettet in dem Ueberreste desselben, dem S a r k o p l a s m a (ROLLETT, „Sarkoglia", KÜHNE), in welchem natürlich auch die Kerne sich befinden. Diese sind gewöhnlich von einer grösseren Menge des Sarkoplasma umgeben, das unter Umständen noch Pigment aufgenommen haben kann (vergl. Figur 71 A), mitunter bemerkt man auch nur feine körnige Streifen in der Fortsetzung des Kerns (vergl. Figur 72). Ist das Sarkoplasma in grösserer Menge vorhanden, so erscheint die Zelle mehr oder weniger deutlich längs gestreift (vergl. Figur 71 A) und unter Umständen finden sich in diesen Streifen noch besondere durch ihre Lichtbrechung hervortretende in Reihen liegende Körnchen, die i n t e r s t i t i e l l e n K ö r n e r (KÖLLIKER).



72

Ein Endstück und ein Mittelstück zweier Muskelfasern des Menschen. Nach Behandlung mit verdünntem Holzessig isolirt. Vergr. 224. Blg = Blutcapillaren, neben der linken Kerne des Perimysium, die auf der Faser liegen. K = Muskelkern, der auf der vorderen Fläche liegt; K′ = Muskelkern, der auf der hinteren Fläche liegt und durchschimmert; K″ = Muskelkern im Profil; K Pmi = Kern des Perimysium; Pmi = Perimysium.

Die Muskelzelle ist entweder nackt, so in der Herzmuskulatur, oder von einer dünnen durchsichtigen Membran umgeben, die sich dem Inhalte unmittelbar anschmiegt, dem S a r k o l e m m a. Dasselbe

zeigt keine Structur und keine Kerne, es ist nur zu erkennen, wenn sich der Inhalt zurückzieht, dann erscheint es in Form eines hellen Schlauchs oder einer hellen Blase. In Figur 73 B ist die eigentliche Muskelzelle bei der Präparation zerrissen; zwischen den beiden Enden bleibt ein heller Raum und hier tritt nun das Sarkolemma deutlich hervor. Auch weiterhin erscheint es noch theilweise abgelöst. In Figur 73 A ist es in Folge eines Eintritts von Flüssigkeit an mehreren Stellen blasig abgehoben. Derartige Bilder sind sehr leicht zu erhalten. Am Ende der in Figur 73 A dargestellten Faser tritt der Inhalt aus dem durchschnittenen Sarkolemmaschlauche hervor (bei *Slr*) in Folge einer leichten Quellung, noch drastischer wird das Bild, wenn man durch Zusatz von schwacher Essigsäure die Quellung verstärkt: das nicht oder jedenfalls viel weniger quellende Sarkolemma bildet dann eine tiefe Einschnürung hinter der vorgetretenen Inhaltsmasse.

A B
Sl
Sl
K
Slr
K

73
Quergestreifte Muskelfasern des Frosches, frisch zerzupft in physiologischer Kochsalzlösung. Vergr. 224. *A)* Das Sarkolemma an manchen Stellen blasenartig abgehoben, am Ende tritt der leicht gequollene Faserinhalt aus dem Sarkolemmaschlauche hervor. *B)* Der Muskelinhalt ist zerrissen. K = Kern; Sl = Sarkolemma; Slr = offenes Ende des Sarkolemmschlauches.

B) **Grösse und Verzweigungen der Muskelzellen.** Die vielkernigen Muskelfasern sind bei weitem die grössten Zellen, die wir im Körper besitzen. Nach den Untersuchungen von Felix finden sich solche, die sicher länger sind, als 12,3 cm, da dieses Maass direct gefunden wurde, obgleich die Faser nicht in ihrer ganzen Länge erhalten war. Die geringste Länge entspricht wohl der des kleinsten Muskels, würde also wenige Millimeter betragen (z. B. M. stapedius auris). Die Dicke ist im Verhältniss hierzu sehr gering. Bei einer Faser von 5,3 cm Länge betrug sie 48,2 μ, bei der von 12,3 cm nur 41,6 μ. Multiplicirt man, um sich ein Bild von diesem Grössenverhältniss zu verschaffen, die genannten Maasse mit 100, so erhält man ein cylindrisches Gebilde, das ungefähr

die Dicke eines Taschenbuchbleistiftes besitzt, dabei aber wenigstens 5 bis 12 m lang ist. Die Dicke schwankt bei menschlichen Fasern etwa zwischen 30,6 μ und 65,7 μ; die längsten Fasern sind nicht immer die dicksten und in einem und demselben Muskel liegen sehr verschieden dicke Fasern durch einander.

Die Länge der Muskelfasern steht in keinem regelmässigen Verhältnisse zu der Länge der Muskeln, in denen sie sich befinden. Lange Muskeln können aus relativ kurzen Fasern zusammengesetzt sein, die an verschiedenen Stellen in ihnen endigen (s. unten).

Bei verschieden grossen Thieren (Säugern) sind gewöhnlich auch die Muskelfasern verschieden dick. So sind diejenigen der Maus etwa halb so dick wie die des Rindes. Eine erwachsene Maus hat aber doppelt so dicke Fasern, eine neugeborene Maus dagegen wieder nur halb so dicke als ein neugeborenes Kalb. Die Fasern nehmen also mit dem Wachsthum des Thieres selbst an Grösse zu und man darf bei verschiedenen Thieren nur die entsprechenden Entwicklungsstadien mit einander vergleichen (RIEDEL).



74

Quergestreifte Muskelzelle aus der Froschzunge, an einem Ende verästelt. Isolirt durch 33procentige Kalilauge. *A)* Ein Theil der Verästelung; Kerne, welche in Höhlen des Protoplasmas liegen in Folge der durch das Reagens verursachten Schrumpfung; Querstreifung. Vergr. 300. *B)* Die beiden Enden der Zelle. Vergr. 125. Querstreifung fortgelassen.

Verzweigungen der Muskelzellen sind nicht selten. In den Skeletmuskeln finden sich gewöhnlich nur einfache Zweitheilungen, so dass die Muskelfaser eine Y-artige Gestalt, mitunter auch eine complicirtere Form bekommt. Besonders schöne und reichhaltige Verästelungen zeigen die Fasern der Zunge. Figur 74B stellt eine solche Faser dar, welche an dem einen Ende einfach konisch ausläuft, während das

andere der Schleimhaut zugewendete in eine grössere Anzahl von Aesten zerfällt, die jeder für sich konisch zugespitzt endigen. Die Kerne und die Querstreifung erstrecken sich (Figur 74 A) bis in die feinsten Verästelungen. — Ein ganz kurzer Zerfall, resp. eine tiefe Einkerbung an dem Ende der Faser kommt sehr häufig auch bei den Skeletmuskeln vor, das Sarkolemma folgt dann wie bei den Verästelungen stets genau der Muskelcontur (vergl. Figur 93 A).

Die kurzen **Herzmuskelzellen** (vergl. Figur 71) zeigen, wie oben schon erwähnt, meist kurze Aeste, die unter spitzen Winkeln seitwärts abgehen und sich mit denen benachbarter Zellen vermittelst einer Kittsubstanz zusammenfügen (Figur 75). Ebenso verbinden sich die Zellkörper selbst mit anderen an ihrem oberen und unteren Ende. Die Verbindungsflächen schneiden die Seitencontur dabei ungefähr unter rechtem Winkel. Es entsteht so ein Muskelnetz mit sehr spitzwinkeligen Maschen, die an einem Schnitte nur als feine Spalten erscheinen. Die Kittsubstanz färbt sich mit Silber und löst sich gleich der der glatten Muskelzellen in Kali- und Natronlauge und Salpetersäure.

75

Frischer Herzmuskel des Menschen zerzupft in Jodserum. Vergr. 224. K = Kern; Kl = Kittlinie; P = Pigmentanhäufung

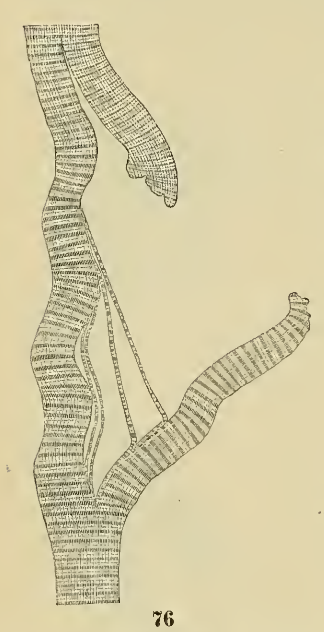
Nachdem wir so im Allgemeinen das Aussehen und die Beschaffenheit der quergestreiften Muskelzellen kennen gelernt haben, wollen wir jetzt den Bau derselben genauer studiren.

C) Feinerer Bau der quergestreiften Muskelzellen.

1) Fibrillenbündel, Sarkoplasma und Kerne.

Die Fibrillen liegen bei den quergestreiften Muskelzellen nicht so gleichmässig durch die Zelle zerstreut, wie das die Querschnittsfigur der glatten zeigte (vergl. Figur 66). Sie sind vielmehr zu Fibrillen-

bündeln zusammengeordnet („Muskelsäulchen", Kölliker), welche durch Scheiden, in der Längsansicht Streifen, von Sarkoplasma von einander getrennt sind. Zerzupft man Muskelstückchen, so isoliren sich unter Umständen die Fibrillenbündel (Figur 76) ziemlich weit in einer durch die Nadeln zerrissenen Faser. Man erkennt dann deutlich die Zusammensetzung der Gesammtfaser aus einzelnen langen quergestreiften Elementen, die weit dicker sind als Fibrillen und beigeeigneter Behandlung in solche zerlegt werden können. Die Fibrillenbündel zeigen im Wesentlichen zwei Hauptformen: sie sind entweder mehr platt bandförmig, nur aus einer oder wenigen Reihen von Fibrillen zusammengesetzt, oder mehr cylindrisch, resp. prismatisch, auf dem Querschnitt polygonal, entsprechend dem gegenseitigen Druck. Diese letztere Form scheint auch hohl, auf dem Querschnitte ringförmig, sein zu können, wobei dann das Sarkoplasma in das Innere dringt. Die Länge der Fibrillenbündel ist durch die Länge der Faser bestimmt, da diese von einem Ende bis zum anderen von denselben durchzogen wird, ihre Dicke ist sehr verschieden bei den verschiedenen Thieren und Muskeln. Sie sind vollständig in das Sarkoplasma eingebettet, das auf der Oberfläche der Muskelfaser dicht unter dem Sarkolemma einen verschieden dicken (häufig allerdings verschwindend dünnen) Ueberzug bildet, und alle Zwischenräume zwischen den Fibrillenbündeln ausfüllt. Ob dasselbe auch in die Bündel als Kittsubstanz zwischen die Fibrillen eindringt oder ob hier eine andersartige Substanz sich befindet, ist noch zweifelhaft. Das erstere ist zunächst wahrscheinlicher, doch scheinen die Beobachtungen von Rollett dagegen zu sprechen. Das Mengenverhältniss zwischen der Gesammtmasse der Fibrillen, der Rhabdia (Kühne), und dem Sarkoplasma wechselt ausserordentlich, je nach Thier und Muskel, ebenso die Lage der Kerne, wie das einige Beispiele deutlich machen werden. Figur 77 zeigt drei Querschnitte durch Muskelfasern der Fliege. Wie man sieht,



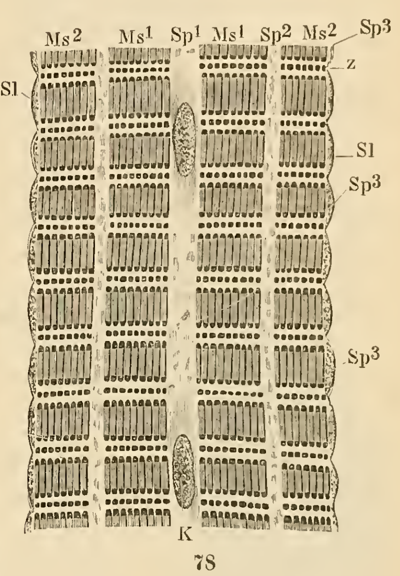
76

Stück einer Muskelfaser vom Kalbe frisch in Eiweiss zerzupft. Es haben sich einige Fibrillenbündel mehr oder weniger weit isolirt. Die Kerne sind nicht eingezeichnet. Vergr. 224.

sind die Fibrillenbündel hier bandförmig, auf dem Querschnitte also mehr strichförmig, durchschnittlich wohl aus einer Lage Fibrillen bestehend. Dabei liegen dieselben derartig in Reihen zusammengeordnet, dass gewissermassen zwei, mitunter auch drei, Röhren entstehen, welche in einander stecken (*Ms*², *Ms*¹) und durch Schichten des Sarkoplasmas aussen umgeben, von einander getrennt und innen erfüllt werden (*Sp*³, *Sp*², *Sp*¹). In der innersten centralen Masse liegt der oder

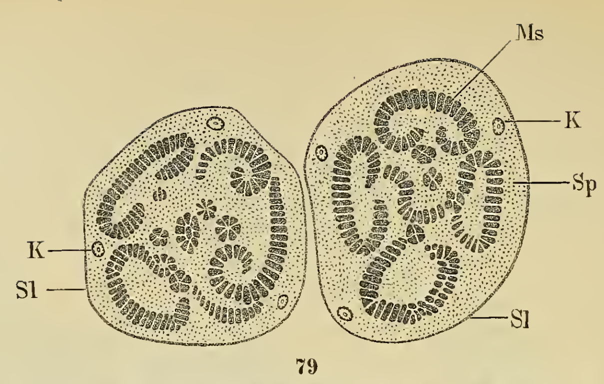


Querschnitte durch quergestreifte Muskelfasern aus den Schenkelmuskeln von Musca domestica nach Härtung in Alkohol 93 %, Celloidineinbettung, Hämatoxylinfärbung. Balsampräparat. *A)* Vergr. 700. Querschnitt einer Muskelfaser. Man sieht die zu Bändern angeordneten feinen Streifen: die Querschnittsbilder der bandförmigen Fibrillenbündel. *B)* Vergr. 1000. Querschnitte von zwei nebeneinanderliegenden Muskelfasern. Jeder Streifen ist deutlich aus einzelnen rundlichen Pünktchen zusammengesetzt· den Durchschnitten der Fibrillen, welche durch Haematoxylin blau gefärbt sind. K = Kern; Ms¹, Ms² = inneres und äusseres Band der Fibrillenbündel; Sp¹, Sp², Sp³ = inneres, mittleres und äusseres Sarkoplasma; Sl = Sarkolemma. Im Holzschnitt ist die Anordnung der Reihen nicht ganz so regelmässig geworden, als es der Fall war.



Stück der Längsansicht einer mit Hämatoxylin gefärbten Muskelfaser von Musca vomitoria. Copie (verkleinert) n. Rollett (11, Bd. 51). Starke Vergrösserung. K = Kern; Ms¹ = Fibrillenbündel (Muskelsäulchen) der inneren Reihe; Ms² = solches der äusseren Reihe; Sl = Sarkolemma; Sp¹, Sp², Sp³ = Sarkoplasma der innersten, mittleren und äusseren Lage; z = Stelle der Zwischenschicht.

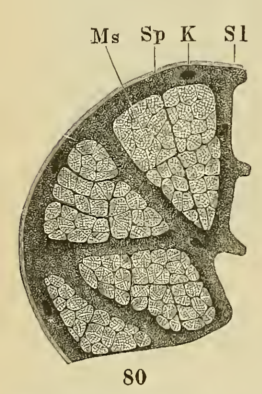
liegen die Kerne. Dem entsprechend sieht man auf dem Längsschnitte (Figur 78) breite Fibrillenbänder, welche durch Züge des Sarkoplasmas von einander getrennt sind, im mittelsten Zuge (*Sp*¹) die Reihe der Kerne. Auf dem in Figur 79 dargestellten Querschnitt einer Flossenmuskelfaser des Seepferdchens sind ebenfalls mehr bandförmige wenn auch dickere Fibrillenbündel vorhanden, welche in ziemlich unregel-



79

Querschnitt von in Alkohol gehärteten Flossenmuskelfasern des Seepferdchens (Hippocampus antiquorum). Hämatoxylinfärbung. Copie n. ROLLETT (1, XXXII). K = Kern; Ms = Fibrillenbündel; Sl = Sarkolemma; Sp = Sarkoplasma.

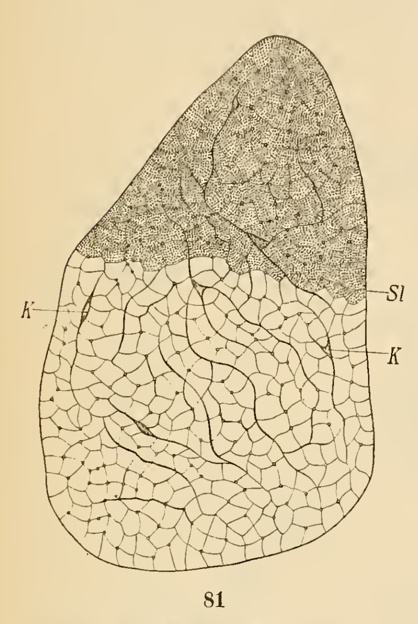
mässig und wunderlich gelagerten Bändern und Säulen in das sehr reichliche Sarkoplasma eingebettet sind; die Kerne liegen hier in der Peripherie. Im Gegensatze zu den bisher beschriebenen zeigt Figur 80 auf dem Querschnitt einer Muskelfaser von einer Krebsart die Fibrillenbündel als polygonale Felder dicht an einander gelagert zu primären durch feine Züge von Sarkoplasma von einander getrennten Bündeln. Diese legen sich wieder zu secundären zusammen, zwischen denen etwas gröbere Septa hinziehen und diese endlich zu tertiären, zwischen welchen recht bedeutende Mengen von Sarkoplasma sich befinden, ebenso auch wie zwischen den Bündeln und dem Sarkolemma. In diesen dickeren Zügen liegen die Kerne. Auch bei manchen Wirbelthieren finden sich in der Skeletmuskulatur mehr bandförmige Fibrillenbündel in ähnlicher Zusammenordnung zu gewundenen Bändern wie bei dem Seepferdchen und der Fliege, so bei Muskelfasern aus der Seitenlinie des Karpfens (KÖLLIKER), bei denen die Kerne in der ziemlich bedeutenden Sarkoplasmamasse unter dem Sarkolemma liegen und bei demselben Thiere finden sich auch Muskelfasern (Seitenrumpfmuskeln, KÖLLIKER), welche eine periphere Schicht von platten Fibrillenbündeln aufweisen, während das Innere von polygonalen erfüllt ist. Auch hier liegen die Kerne in der peripheren an das Sarkolemma grenzenden Schicht. Bei



80

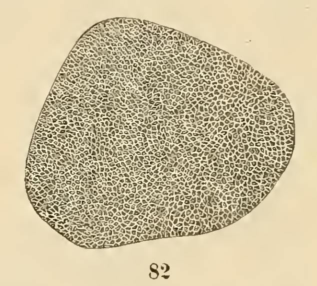
Stück eines Querschnitts einer vergoldeten Muskelfaser von Maja squinado. Copie (verkleinert) n. ROLLETT (1, XXXII). K = Kern; Ms = Fibrillenbündel; Sl = Sarkolemma; Sp = Sarkoplasma.

höheren Wirbelthieren zeigen sich in der Skeletmuskulatur polygonale Felder, welche nur durch sehr geringe Mengen von Sarkoplasma getrennt sind, und nach ihrem Entdecker als „COHNHEIM'sche Felder" bezeichnet werden. Doch ist auch hier noch ein Unterschied zwischen niederen und höheren Wesen bemerkbar. Beim Frosch (Figur 81) finden sich noch Kerne im Innern der Faser, welche von relativ grossen Sarkoplasmamengen umgeben sind, während bei den Säugern (vergl. Figur 85) und beim Menschen die Kerne, welche von einer sehr geringen Menge des Sarkoplasmas einge-



81

Querschnitt einer Muskelfaser aus dem M. sartorius des Frosches. Der Muskel war gespannt getrocknet, der Schnitt ist in Wasser gezeichnet. Die auf demselben nicht deutlich sichtbaren Kerne sind nach einem Schnitte durch den mit HERMANN'scher Flüssigkeit fixirten, in Paraffin eingebetteten, entsprechenden Muskel eingezeichnet. Vergr. 700. K = Muskelkern; Sl = Sarkolemma. Die Querschnitte der Fibrillen, welche sehr deutlich hervortraten, sind in einem Theile des Muskels in die COHNHEIM'schen Felder (Querschnitte der Fibrillenbündel) eingezeichnet. Die zwischen diesen Feldern hinziehenden Linien sind die Sarkoplasmasepten, die kleinen Kreise in diesen interstitielle Körner.



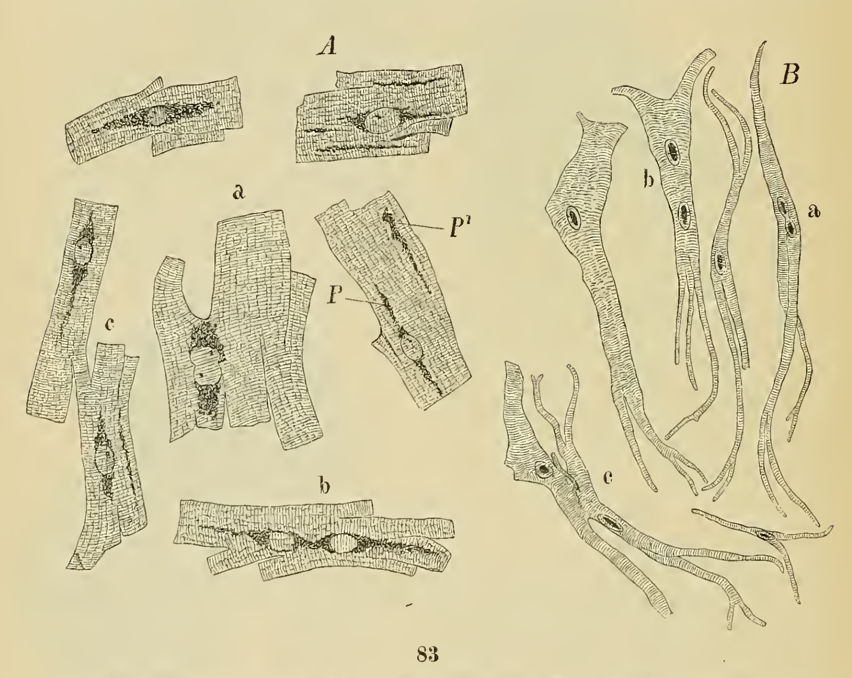
82

Querschnitt einer Muskelfaser des Kaninchens aus einem gefrornen Muskel mit Kochsalzlösung $^1/_2$ %. COHNHEIM'sche Felder. Vergr. 400. Copie n. KÖLLIKER (Handbuch, 6. Aufl.). Die Fibrillenbündel erscheinen dunkel, das Sarkoplasma hell.

hüllt sind, nur dicht unter dem Sarkolemma liegen. Es bleibt also, wie das auch Figur 82 erkennen lässt, die ganze Muskelfaser frei von grösseren Anhäufungen des Sarkoplasmas, dasselbe liegt nur in Form von zarten Septen zwischen den Fibrillenbündeln und tritt im Ganzen an Menge gegenüber der Rhabdia ausserordentlich zurück.

Die **Herzmuskelzellen** besitzen relativ viel Sarkoplasma und zeigen daher eine recht deutliche Längsstreifung (Septa zwischen den Fibrillenbündeln). Um den einzigen in der Mitte liegenden Kern findet sich eine spindelförmige grössere Ansammlung des Sarkoplasmas, in

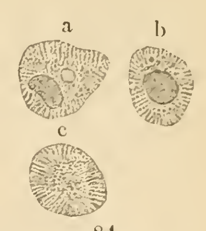
welcher vom zehnten Lebensjahre ab ein körniges, gelbbraunes Pigment auftritt (Figur 83 A). Dieses nimmt mit steigendem Alter an Menge, Grösse der Körner, Intensität der Färbung zu und ist als eine physiologische Abscheidung des Sarkoplasmas aufzufassen, die vielleicht aus Fett ihren Ursprung nimmt (MAASS 1, XXXIV, pag. 452 ff.). Auch an anderen Stellen der Muskelzellen finden sich häufig derartige



Herzmuskelzellen isolirt. Vergr. 224. *A)* Vom Menschen, isolirt in 33 procentiger Natronlauge. a Zelle mit einem in directer Theilung befindlichen Kern, b Zelle mit zwei Kernen, c zwei Zellen, deren Fortsätze aneinander liegen. P = Pigmentanhäufung in dem den Kern umgebenden Sarkoplasma. P¹ = Pigmentanhäufung in einem kernfreien Sarkoplasmastreifen. *B)* Von Rana temporaria, isolirt durch 33 procentige Kalilauge. a Zelle mit einem in directer Theilung begriffenen Kern. b Zelle mit zwei Kernen. c Zelle mit zwei Kernen oder auch vielleicht zwei durch eine sehr breite Brücke mit einander verbundene Zellen.

pigmentirte Sarkoplasmaanhäufungen (s. Figur). — Die Fibrillenbündel haben bei verschiedenen Thieren verschiedene Formen und Anordnungen. Sie sind nach ROLLETT's Angaben prismatisch, auf dem Querschnitt polygonal (Schwein) oder bandförmig, auf dem Querschnitt also mehr streifenförmig oder lang oval als radiär gestellte Blätter erscheinend (Hund), oder theils bandförmig, theils prismatisch, dann bilden die ersteren oft einen äusseren Ring, in dessen Mitte die polygonalen sich befinden (Pferd, Mensch, s. Figur 84). Man sieht dieses Ver-

hältniss am klarsten in Figur 84 c, in a und b ist der Kern mit durch den Schnitt getroffen, in a liegt neben demselben ein Pigmenthäufchen. Diese Muskelzellen würden der Form und Anordnung der Fibrillenbündel nach ähnlich den Seitenrumpfmuskeln des Karpfens (s. oben) sein, nur dass diese ihre Kerne in einer ziemlich dicken peripheren Sarkoplasmaschicht besitzen.

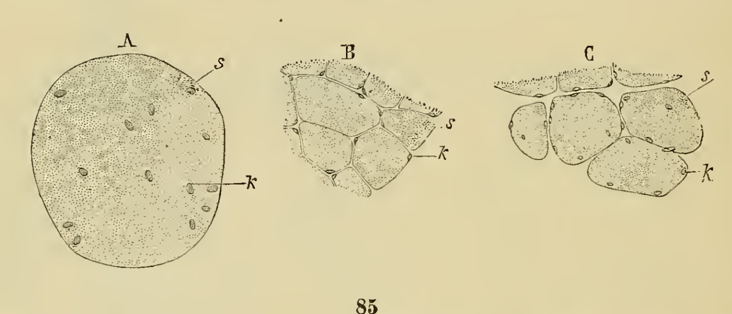


84
Querschnitte von Herzmuskelzellen des Menschen, Alkohol, Paraffin, Haematoxylin. Vergr. 700. a zeigt Kern mit einigen Fäden und ein Pigmenthäufchen, b einen Kern, c keinen Kern, dafür aber sehr deutlich die inneren Fibrillenbündel.

Es mögen diese Beispiele für eine allgemeine Anschauung von dem Bau der Muskelfaser genügen, im Einzelnen sind der Abweichungen noch sehr viele.

Aus dem oben Gesagten geht hervor, dass im Allgemeinen die Muskeln tiefer stehender Thiere mehr Sarkoplasma im Verhältniss zu den Fibrillen enthalten als die der höher stehenden, ein Verhalten, welches auch der Entwickelung der quergestreiften Muskelzelle entspricht. Damit hängt es dann auch wohl zusammen, dass bei den höher stehenden die Kerne peripher liegen, so dass das Innere frei von Sarkoplasmaanhäufungen bleibt. Die Herzmuskelzellen der höheren Thiere würden hiernach eine tiefere Stufe einnehmen als die der Skeletmuskeln. Doch auch bei diesen finden sich Verschiedenheiten, welche constant sind. Vom Karpfen habe ich oben bereits zwei Muskelarten erwähnt, auch die Flossenmuskeln des Seepferdchens (s. oben) besitzen einen anderen Bau als die übrigen Körpermuskeln. Bei manchen Säugern, besonders ausgebildet beim Kaninchen, finden sich nun zwei verschiedene Arten von Muskeln: weisse und rothe (Krause, Ranvier). Die weissen Muskeln zeigen eine sehr klare Querstreifung, relativ wenig Kerne, die alle dicht am Rande liegen (Figur 85 B). Sie sind leicht erregbar, contrahiren sich sehr schnell, ermüden aber auch schnell. Die rothen Muskeln (z. B. M. semitendinosus) lassen neben der Querstreifung eine deutlichere Längsstreifung erkennen, ferner mehr Kerne, die theilweise auch im Innern der Fasern liegen (Figur 85 C), sie besitzen also mehr Sarkoplasma. Sie contrahiren sich langsamer aber dauernder, ermüden nicht so schnell. Beim Menschen und vielen anderen Wirbelthieren finden sich allerdings nur rothe Muskeln, aber nach Grützner (Récueil zoolog. suisse t. I, 1884, p. 665 ff.) kommen in den einzelnen Muskeln gemischt

Fasern vor, die bald den Typus der weissen, bald den der rothen Muskeln zeigen. So zusammengesetzte Muskeln würden gemischte Eigenschaften besitzen und sich je nach dem Mengenverhältnisse der Fasern bald dem einen, bald dem andern Typus mehr nähern. Bezüglich der Kernlagerung ist hier übrigens noch hervorzuheben, dass Rollett (11, Bd. LI, Math.-Naturw. Cl. p. 36) bei Arthropoden gerade umgekehrt Muskeln rasch zuckend fand, welche Kerne im Innern zeigten,



85

Lage der Kerne auf dem Querschnitt der quergestreiften Muskelfaser. Querschnitte der getrockneten Fasern. Pikrocarmin, Glycerin mit Zusatz von Ameisensäure. *A)* aus dem M. sartorius des Frosches, *B)* aus dem M. adductor magnus des Kaninchens (weisser Muskel), *C)* aus dem M. semitendinosus desselben Thiers (rother Muskel). Vergr. 100. k = Kern; s = Sarkolemma. Copie n. Ranvier (Traité technique).

und bei solchen, deren Kerne auf der Oberfläche sich befanden, eine gedehnte Zuckungskurve beobachtete. So sehr wahrscheinlich es nach Allem auch ist, dass der verschiedene Bau der Fasern einer verschiedenen physiologischen Wirkung entspricht, so wenig ist doch dieser Zusammenhang aufgehellt. Selbst die so nahe liegende Annahme, dass Muskeln, welche relativ viel Sarkoplasma enthalten, sich langsamer contrahiren, aber auch später ermüden werden, ist noch nicht sicher bewiesen.

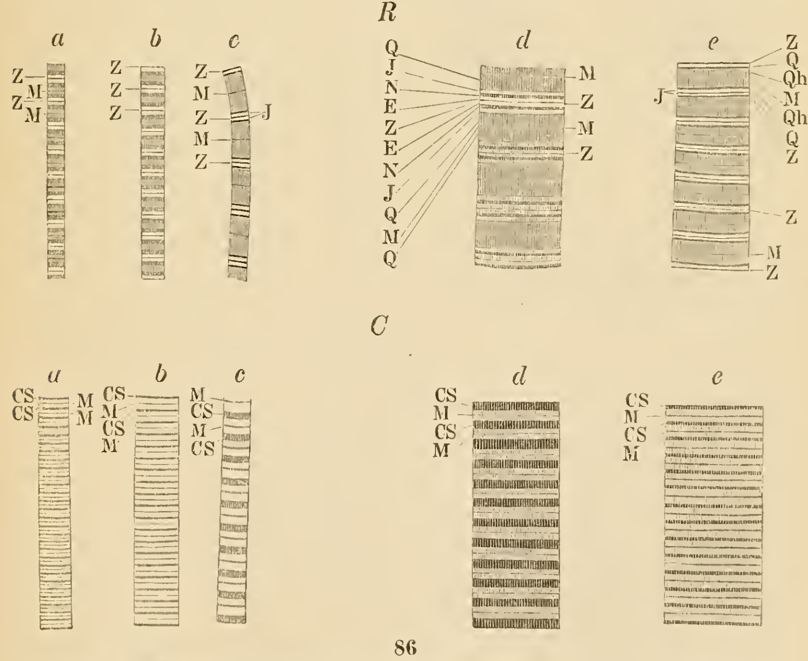
2) *Die quergestreifte Substanz.*

a) **Allgemeines.** Ein jedes der feinsten Fäserchen, der Fibrillen, welche die quergestreifte Substanz bilden, baut sich auf aus kleineren und grösseren Abtheilungen, welche sich optisch verschieden verhalten und auch in ihrem Färbungsvermögen constante Unterschiede zeigen. Eine jede Fibrille verhält sich also ähnlich einer Säule, die aus verschiedenen aufeinandergelegten Steinen erbaut ist: sie ist geschichtet. Sie ist ferner cylindrisch und membranlos. Die aufeinander folgenden Schichten wiederholen sich periodisch, so dass die Fibrille sich in einzelne gleich grosse Abtheilungen, Glieder, zerlegen lässt, die

alle dieselben Schichten zeigen. Es lag nahe, diese Glieder als die morphologischen Einheiten anzusehen, aus welchen sich die quergestreifte Substanz aufbaute, doch ist diese Anschauung nicht haltbar, da die Glieder sich nicht natürlich von einander trennen lassen: die Grundeinheit bildet die Fibrille (s. auch weiter unten).

In wie engem Zusammenhange die Schichtung der Fibrille mit der Funktion der Muskelfaser steht, ist am leichtesten daraus zu erkennen, dass die Schichten sich durchaus verschieden zeigen, je nachdem die Faser sich im Zustande der Ruhe oder in dem der Contraktion befindet, wozu drittens noch ein zwischen beide sich einschiebendes Zwischenstadium (Merkel) kommt. Wir werden demgemäss auch bei der Beschreibung diese drei Zustände zu trennen haben.

b) **Die Schichtung im Ruhezustande.** Betrachtet man eine ruhende Muskelfaser (Figuren 86 *R* und 87 *R*), so erkennt man an derselben zunächst leicht breite dunkle Querstreifen, zwischen

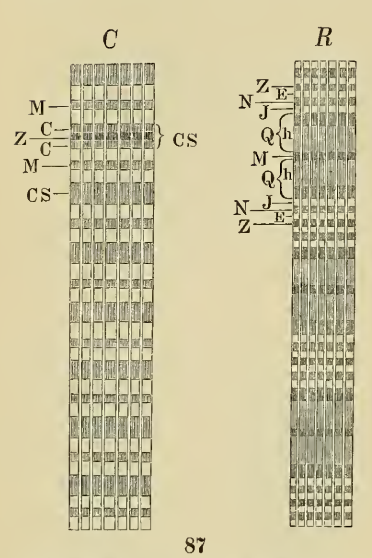


86

Theile von Muskelfasern zur Demonstrirung der Querstreifung, im Zustande der Ruhe *(R)* und der Contraction *(C)*. Vergr. 1000. a Mensch. b Frosch. c Astacus fluviatilis. d Dytiscus. e Musca domestica. a nach Behandlung mit Salicylsäure, die anderen nach Behandlung mit Alkohol 93 % zerzupft in Glycerin (2 Th. : 1 Th. Wasser). Betreffs der Erklärung der Buchstaben vergleiche man den Text.

denen schmalere helle liegen. Den dunklen Querstreifen entsprechend sieht man auf der einzelnen Fibrille, gemäss der Form derselben, ein dunkles Stäbchen. Bei genauerer Untersuchung zeigen sich die dunklen wie die hellen Streifen durch je einen in der Mitte befindlichen sehr schmalen Streifen in zwei Abtheilungen zerlegt.

Zu beiden Seiten der Mittelschicht (Mittelscheibe): *M* liegt je eine dunkle Querschicht (Querscheibe): *Q*. Zu beiden Seiten der Zwischenschicht (Zwischenscheibe): *Z* liegt je ein heller Streifen, die Schicht der isotropen Substanz: *J* (Figur 86 *R. c, e*). *Q* kann sich noch wieder differenziren in einen helleren (*Qh*) und einen dunkleren Theil (*Qd*), von denen der erstere immer neben *M* liegt (*a, c, e*). Zu diesen Schichten tritt häufig noch die Nebenschicht (Nebenscheibe): *N*, welche zwischen *Z* und *Q* liegt, von jeder Schicht durch einen hellen Streifen getrennt (*d*). Es zeigt sich dann zwischen *N* und *Z* der neue helle Streifen: *E* = Schicht der einfach brechenden Substanz. Wie man sieht, sind die Bezeichnungen der Schichten *E* und *J* eigentlich dieselben, es sind nur verschiedene Buchstaben zur leichteren Verständigung gewählt. Eine Periode, ein Glied, würde demgemäss die nachstehende Schichtenfolge zeigen: *Z, E, N, J, Q, M, Q, J, N, E;* sodann würde mit *Z* wieder ein neues Glied beginnen.



Schema der Querstreifung der Muskelfibrillen im Zustande der Ruhe (*R*) und dem der Contraction (*C*). Betreffs der Erklärung der Buchstaben vergleiche man den Text.

Es geht schon hieraus hervor, dass es unmöglich ist die Fibrille in Elemente zu zerlegen, welche mit derselben Schicht beginnen und schliessen, was nothwendig wäre, um einen solchen Theil als eine morphologische Grundeinheit aufzufassen, die mit der benachbarten durch eine Kittsubstanz verbunden sein müsste. Die einzige Möglichkeit dieses zu erreichen wäre die, dass man *Z* als Kittsubstanz auffasste, wofür allerdings der Umstand sprechen würde, dass *Z* fester mit dem umgebenden Sarkoplasma in Verbindung zu stehen scheint als die übrigen Schichten. Das Muskelelement würde von *E*

bis E gehen und in der Mitte durch M in zwei symmetrische Theile zerlegt werden, so dass auch M dann mehr als Kittsubstanz erscheinen würde (s. auch weiter unten).

Was die optischen Eigenschaften der genannten Schichten anlangt, so kann man sich zunächst merken, dass alle mit Consonanten bezeichneten stärker lichtbrechend und doppelbrechend (anisotrop) sind (wenn auch in sehr verschiedenem Grade). Sie sind positiv einaxig, die Axe parallel der Faser. Da sie stärker lichtbrechend sind, so erscheinen sie dunkel, wenn das Mikroskop, wie gewöhnlich, so eingestellt ist, dass man die Seitencontur der Fibrille scharf sieht, bei höherer Einstellung sind sie im Gegentheil hell; da sie doppelbrechend sind, so treten sie unter dem Polarisationsmikroskop bei gekreuzten Nicol'schen Prismen hell, glänzend auf dem dunklen Grunde hervor. Die mit Vocalen E und J bezeichneten Schichten sind schwächer lichtbrechend und einfachbrechend (isotrop), sie erscheinen daher im gewöhnlichen Lichte hell (bei hoher Einstellung dunkel), im polarisirten Lichte bei gekreuzten Nicols dunkel. Da das Sarkoplasma auch schwach lichtbrechend ist und häufig gleichmässig hell erscheint, so ist es mitunter, wenn gerade die Brechbarkeit bei beiden dieselbe ist, nicht möglich die Grenze zwischen den hellen Schichten der Fibrillenbündel und dem angrenzenden Septum des Sarkoplasmas wahrzunehmen, während dieselbe an den dunklen natürlich leicht zu erkennen ist.

Die Fibrille endigt stets mit J oder, falls N vorhanden ist, mit E, also mit einer isotropen Schicht (Engelmann 6, XXVI.).

Die genannten Schichten sind nun nicht immer alle bei jeder Faser sichtbar. Dieselben können zum Theil so nahe an einander liegen, dass sie auch bei starken Vergrösserungen zu einer verschmelzen. Dieses scheint häufig der Grund dafür zu sein, dass man die beiden N von Z nicht trennen kann, sondern ein sehr deutliches Z zu sehen glaubt ohne N, ferner, dass man M nicht zwischen den beiden Q erkennt. In beiden Fällen werden die Schichten oft sichtbar an gedehnten Fasern. Auch kann eine schmale Schicht von dicht anliegenden breiten nur schwer unterschieden werden, wenn die Verschiedenheit der Lichtbrechung nur unbedeutend ist. Auch dieser Fall trifft für M zu, und daher kommt es, dass M bei der ruhenden Faser die am schwersten sichtbare Schicht ist. Endlich ist aber hervorzuheben, dass N wahrscheinlich keine constante Schicht ist, sondern in der That mitunter, vielleicht häufig, fehlt. Die übrigen Schichten scheinen dagegen constant zu sein.

Behandelt man eine Muskelfaser mit Hämatoxylin, so färben sich *Q, N* und *Z* stark blau und treten dadurch weit schärfer hervor, *M* färbt sich nur schwach (so weit dies bei der dünnen Schicht zu constatiren ist), *J* und *E* bleiben ungefärbt.

Was die Consistenz der Schichten anlangt, so scheint *Z* die festeste und widerstandsfähigste zu sein, etwas schwächer *M*. Die anderen dunklen Schichten *Q* und *N* sind dichter als die hellen *E* und *J*, ohne dass die letzteren indessen als aus einer Flüssigkeit bestehend aufzufassen wären.

Z scheint mit dem Sarkoplasma und durch Vermittelung desselben mit dem Sarkolemma in festerer Verbindung zu stehen. In Folge dessen zeigt die Contur dieses mitunter eine festonartige Beschaffenheit (vergl. Figur 78).

c) **Die Schichtung im Contractionszustande.** Die contrahirte Faser zeigt auf den ersten Blick ein ganz ähnliches Aussehen wie die ruhende: dunkle und helle Querstreifen, aber man bemerkt leicht, dass die ersteren sehr viel schmäler sind als früher und eigenthümlich scharf hervortreten. Es lässt sich sodann nachweisen (MERKEL), dass die dunklen Streifen jetzt an Stelle von *Z* liegen oder besser gesagt, dass sie die Stelle von *J, N, E, Z, E, N, J* einnehmen, denn sie sind weit breiter als *Z* und die oben genannten anderen Schichten sind nicht mehr sichtbar. Der bei der Contraction auftretende dunkle Streifen ist also etwas ganz Neues, der Contractionsstreifen, die Contractionsscheibe (NASSE): *CS*. In der Mitte desselben würde *Z* liegen, was MERKEL mitunter bei Astacus fluviatilis direct beobachtet hat. Da somit *Z* unverändert erhalten bleibt, so werden nur die Schichten *J, N, E* durch einen neuen Streifen ersetzt, den ich als Contractionsschicht: *C* bezeichnen will. Derselbe würde von der Contractionsscheibe NASSE's (*CS*) verschieden sein, da diese $C + Z + C$ entsprechen würde (Figur 89 *C*). *Z* erschien MERKEL bei Astacus heller als *C*. Die früher dunkle Schicht *Q* ist hell geworden (Figuren 88 C und 89 C), *M* tritt deutlich als eine feine dunkle Linie hervor, und ist jetzt immer sichtbar. Der Bau der contrahirten Faser ist also weit einfacher wie der der ruhenden.

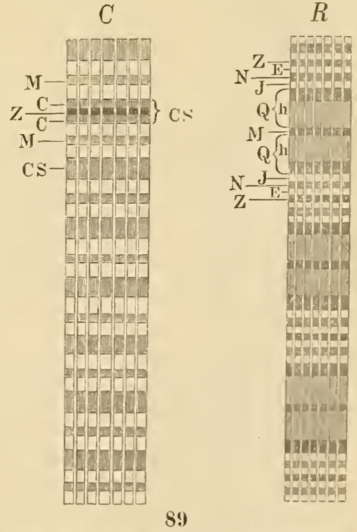
Figur 90 zeigt deutlich den Uebergang von der ruhenden zur contrahirten Faser und lässt erkennen, an welcher Stelle der Contractionsstreifen sich befindet.

Mit Hämatoxylin färbt sich jetzt *CS* sehr intensiv, *M* wenig, *Q* gar nicht.

88

Theile von Muskelfasern zur Demonstrirung der Querstreifung, im Zustande der Ruhe *(R)* und der Contraction *(C)*. Vergr. 1000. a Mensch. b Frosch. c Astacus fluviatilis. d Dytiscus. e Musca domestica. a nach Behandlung mit Salicylsäure, die anderen nach Behandlung mit Alkohol 93 % zerzupft in Glycerin (2 Th. : 1 Th. Wasser). Betreffs der Erklärung der Buchstaben vergleiche man den Text.

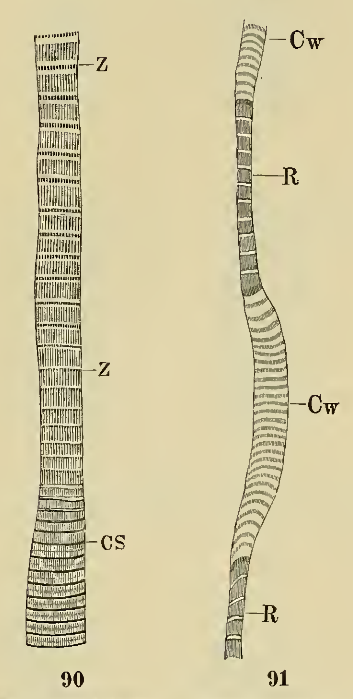
Das Polarisationsmikroskop zeigt, dass Q doppelbrechend geblieben ist, ebenso ist M unverändert; CS ist meistens einfach brechend, lässt Z sich noch erkennen, so ist es unverändert doppelbrechend. Indessen hat Merkel (1. XIX p. 687 u. 688) bei Astacus fluviatilis nachweisen können, dass CS auch anisotrop sein kann, so dass dann die ganze Faser fast gleichmässig doppelbrechend erscheint. Ja er fand bei diesem Thier mitunter auch CS stärker anisotrop als die anderen Streifen, ohne dass dabei indessen eine andere Stelle der Fibrille isotrop wurde. Bei der Contraction tritt also für gewöhnliches Licht und



89

Schema der Querstreifung der Muskelfibrillen im Zustande der Ruhe *(R)* und dem der Contraction *(C)*. Betreffs der Erklärung der Buchstaben vergleiche man den Text.

Hämatoxylinfärbung eine Umkehrung der Querstreifung ein (zugleich mit Vereinfachung derselben), für polarisirtes Licht bleiben meist die alten Verhältnisse bestehen, mitunter tritt eine fast gleichmässige Anisotropie auf, bisweilen sogar eine annähernde Umkehrung, es verhalten sich also die Muskeln in dieser Beziehung verschieden, sogar die desselben Thiers, wofür der Grund vielleicht in der Verschiedenheit der Intensität der Contraction zu suchen ist.



90

Muskelfaser aus dem Kopfe einer Fliege. Contraction mit Zwischenstadium. Copie n. MERKEL (1, XIX). Vergr. 521. Z = Stelle der Zwischenschicht; C S = Contractionsstreifen. C S hat dieselbe Lage wie Z.

91

Fibrillenbündel aus einer quergestreiften Muskelfaser der Krebsscheere. Alkohol 93 %, Glycerin (2 Th. : 1 Th. Wasser). Contractionswellen (C w). Dazwischen Ruhezustand (R). Vergr. 700.

Die einzigen Schichten, welche unverändert bleiben, sind *Z* und *M*, was für eine wesentlich andere Bedeutung dieser gegenüber den anderen spricht.

Zu bemerken ist noch, dass die Fibrillen des contrahirten Muskels fester aneinander haften als die des ruhenden (NASSE), eine Eigenthümlichkeit, die vielleicht auf eine Veränderung der zwischen den Fibrillen vorhandenen Substanz zurückzuführen ist.

An Muskeln, die man lebend unter dem Mikroskop beobachtet, oder an solchen, welche von Thieren herrühren, die lebend in die Fixirungsflüssigkeit gekommen sind, sieht man oft einzelne Theile von Fasern in Contraction, Contractionswelle, während die benachbarten im Ruhezustande sich befinden, ein Verhältniss, welches einen guten Vergleich der Querstreifung in beiden Zuständen erlaubt und die Lage von *CS* erkennen lässt (Figur 91).

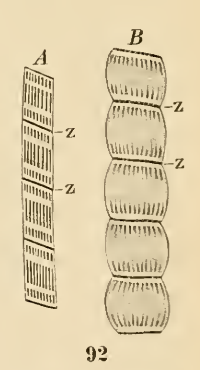
d) **Die Schichtung im Zwischenstadium.** Das zwischen Ruhe und Contraction liegende Zwischenstadium (MERKEL) zeichnet sich dadurch aus, dass für gewöhnliches Licht und Hämatoxylinfärbung die Querstreifung undeutlicher wird oder völlig ver-

schwindet, so dass die Faser homogen erscheint. *Z* bleibt am längsten sichtbar.

Im polarisirten Lichte treten isotrope und anisotrope Streifen in den meisten Fällen deutlich, wenn auch mitunter etwas verwaschen (Merkel bei Dytiscus) hervor, ab und zu ist die Faser aber auch gleichmässig leuchtend (Merkel bei Musca, Astacus). Es sind also auch in diesem Stadium Verschiedenheiten sowohl bei den Muskeln verschiedener Thiere wie bei denen desselben zu constatiren.

Geht die Faser aus dem Contractionszustande in den der Ruhe über, so macht sie ein gleiches Zwischenstadium durch.

e) **Säurewirkung, Scheibenzerfall durch Säure, ev. Fibrillenzerfall, Alkalien.** Lässt man stark verdünnte Essigsäure. Ameisensäure, Milchsäure oder Salzsäure auf frische oder nicht zu lange (1 bis 2 Tage, die Säurewirkung tritt langsamer ein) mit Alkohol behandelte Muskelfasern einwirken, so erfährt die quergestreifte Substanz wesentliche Veränderungen: *Q* quillt stark, wird höher, breiter und zugleich heller (nach Merkel ist bei *M* zunächst noch eine leichte Einschnürung zu erkennen), *N* quillt weniger, *Z* zeigt sich am widerstandsfähigsten, die Fibrille, resp. das Fibrillenbündel, nimmt in Folge dessen eine rosenkranzförmige Gestalt an (Figur 92). Die Doppelbrechung verschwindet allmählich in allen Schichten.



92
Stück einer Muskelfaser im Ruhezustande von den Chitinplatten des Geschlechtsapparates von Dytiscus. *A* frisch; *B* mit Essigsäure. Copie n. Merkel (1, XIX). Vergr. 521. z Stelle der Zwischenschicht.

Lässt man die Säure etwas concentrirter (Essigsäure, Ameisensäure 1 %, Salzsäure 0,1 %, Pikrinsäure 1 %) einwirken, so tritt zunächst eine starke Quellung von *Q* ein, durch dessen Ausdehnung, auch in der Längsaxe der Faser, die Streifen *N* und *Z*, die zunächst in tiefen Einschnürungen liegen, nebst den dazwischen befindlichen Streifen *J* und *E* aufeinander gedrängt werden, dann aber quellen auch diese und folgen der Breitenausdehnung von *Q*. Dabei wird das Lichtbrechungsvermögen von *Q* und *N* stark verändert: sie erscheinen schwach lichtbrechend und hell, so dass das zwischen den Bündeln befindliche Sarkoplasma jetzt im Gegensatze zu früher dunkel hervortritt. *Z* bleibt immer noch als ein dunkler Streifen sichtbar. Dann kann schliesslich ein Zerfall in Scheiben eintreten, indem die beiden *Q* sich von einander

trennen (was aus M wird, ist nicht zu sagen). Diese Scheiben würden demnach Z in der Mitte haben und jederseits mit dem hellgewordenen und in Zerstörung begriffenen Q endigen. Auch zwischen anderen Scheiben können so Trennungen stattfinden. Die Zerstörung kann weiter greifen und unter Umständen Z fast allein übrig bleiben. Bei denselben Muskeln tritt bei gleicher Behandlungsweise dieser Zerfall mitunter ein, mitunter nicht (Rollett).

Da in Folge der verschieden starken Quellung der einzelnen Schichten die Fibrillenbündel knotig werden, so müssen auch die zwischen den Bündeln befindlichen Septa des Sarkolemms ungleichmässig erscheinen. Färbt man nun Säuremuskeln mit Goldchlorid, so wird das gesammte Sarkoplasma roth gefärbt, die Muskelsäulchen bleiben hell, und es tritt ein Bild zu Tage, das oft täuschend so aussieht, als ob ein Netzwerk mit Bälkchen, die in verschiedenen Höhen der Faser verschieden dick sind, in der Muskelfaser vorhanden wäre: der Ausdruck der durch die gequollenen Fibrillenbündel in bestimmte gleichmässige Formen gepressten Sarkolemma-Septa (Rollett).

Eine Quellung tritt auch ein nach Einwirkung verdünnter Alkalien, die gleichfalls die Doppelbrechung aufheben.

Andere Säuren, wie: Benzoësäure, Salicylsäure, Chromsäure bewirken keine Quellung und erhalten die Doppelbrechung. Benzoësäure lässt den Fibrilleninhalt auch nicht coaguliren, was Salicylsäure und Chromsäure thun (Nasse). Bei Anwendung dieser Säuren tritt daher auch kein Scheiben- sondern ein Fibrillenzerfall ein.

f) **Scheibenzerfall nach Alkohol.** Alkohol lässt die Faser gewöhnlich in Fibrillen zerfallen, doch tritt mitunter auch ein Scheibenzerfall ein. Dieser ist durchaus verschieden von dem durch Säure bewirkten. Skey (1837) und Bowman (Philosophie. Transact. of the Royal Society of London, Part I, 1840, p. 457 ff.) haben denselben zuerst beschrieben. Bowman sah ihn bei Muskeln des Menschen, des Schweins, einer Boa, einer Eidechse und einer Sprotte. Es zerfällt die Faser auch in diesem Falle in scharf getrennte Scheiben, „discs“ (Bowman'sche discs, Bowman'sche Scheiben), die aber stets $2\ Q + M$ unversehrt in ihrer Mitte haben. Rollett gelang die Darstellung dieses Scheibenzerfalls bei den Muskeln einer grossen Anzahl von Arthropoden (s. d. Verzeichniss derselben in 11, XLIX p. 89 ff.), nachdem dieselben 24 bis 48 Stunden in einem Alkohol von 93 % gelegen hatten. Derselbe war indessen auch bei den da-

für günstig befundenen nicht constant, ohne dass eine Ursache des Misslingens aufzufinden gewesen wäre. Nach ROLLETT bleibt Z erhalten und bildet mit dem ihm fester anhaftenden Sarkoplasma Fächer, in denen die frei gewordenen Scheiben liegen, bis sie durch Zerstörung derselben frei werden. Mir sind die Muskeln, bei welchen ich diesen Scheibenzerfall sah (von verschiedenen Insecten), immer sehr weich erschienen, als wenn sie in besonderer Weise macerirt wären. Eine Fächerbildung habe ich nicht beobachtet, die Scheiben waren stets am Rande frei und ein festeres Z lag nicht zwischen ihnen, im Gegentheile schien dieses gerade zerstört zu werden.

g) **Sarcous elements.** BOWMAN kannte seinerzeit die Zerspaltung der Muskelfaser der Länge nach in „Fibrillen" und den eben beschriebenen Zerfall in Querscheiben. Den Abbildungen und der Beschreibung nach in seiner klassischen Arbeit sind seine „Fibrillen" indessen ziemlich sicher identisch mit den Fibrillenbündeln oder jedenfalls grösseren Theilen derselben. Aus den beiden Arten des Zerfalls schloss er, dass jede Fibrille und jede Scheibe aus einzelnen kleinen Elementen, den „sarcous elements" („primitive component particles"), sich zusammensetze, welche zusammengehalten durch eine verbindende Substanz die Muskelfaser aufbauten. Diese sarcous elements bestanden also aus $2\ Q + M$. Wohl zu beachten ist es indessen, dass BOWMAN die stark doppelbrechende Substanz von $2\ Q$ als hell beschreibt, sie also bei hoher Einstellung betrachtet hat. So spricht er von hellen und dunklen Streifen gerade in dem umgekehrten Sinne als es seitdem durchschnittlich geschehen ist, und als ich es gethan habe. — N und Z hat BOWMAN gleichfalls gesehen und abgebildet, aber nicht beschrieben, da er sie für zufällige Unregelmässigkeiten hielt.

h) **Muskelkästchen** von W. KRAUSE, **Muskelelemente** von MERKEL. Der eben mitgetheilten Auffassung von BOWMAN folgend, hat W. KRAUSE jene zwischen je zwei Z gelegenen Abtheilungen der Muskelsäulchen oder Fibrillenbündel als „Muskelkästchen" bezeichnet, die als Grundmembran auf einer Seite Z haben, auf der anderen offen sein würden. Die Grundmembranen Z der in Reihen nebeneinander liegenden Kästchen würden untereinander zusammenhängen, und so „Muskelfächer" bilden, ähnlich „den Fächern eines Bücherschrankes" oder noch besser „den Waben eines Bienenstockes". Das wesentliche Element eines jeden Muskelkästchens wäre das „Muskelprisma", welches $2\ Q + M$ entspricht. Jedes Muskelkästchen hat ausser der Grundmembran auch eine Seitenmembran, die

allerdings nicht nachgewiesen werden kann, aber als Postulat angenommen wird, da sonst die „flüssige“ Substanz der orotropen Scheiben ausfliessen und sich mit der zwischen den Muskelkästchen befindlichen „interstitiellen Flüssigkeit“ vermischen würde. Das „Muskelprisma“ wäre wieder aus „Muskelstäbchen“ zusammengesetzt, deren Längsaxe parallel der Längsaxe der Faser sein würde, d. h. den den einzelnen Fibrillen entsprechenden Theilen von 2 $Q + M$, wirkliche Fibrillen wären indessen Kunstproducte. Diese Annahmen sind nach dem, was ich bisher mitgetheilt habe, unhaltbar, denn einmal ist die Zerlegung der Muskelsäulchen resp. der Faser an sehr verschiedenen Stellen, d. h. durch sehr verschiedene Querstreifen hin möglich, sehr häufig gerade durch die Mitte von 2 Q, also durch die Mitte des supponirten Muskelkästchens, zweitens zeigen sich die Fibrillen sicher als präformirte auch der lebenden Faser eigenthümliche Bildungen, drittens ist nach Allem die Substanz der isotropen Scheiben garnicht eine wässerige Flüssigkeit und hält in sich selbst zusammen, gerade wie das auch eine membranlose Zelle thut, viertens giebt es keine interstitielle Flüssigkeit mit darin vorhandenen Quermembranen, sondern nur ein Sarkoplasma, welches sich an den Stellen Z der Fibrillen vielleicht etwas fester an diese anheftet, endlich schliesst die Fibrille nicht mit Z, sondern mit einer isotropen Schicht ab. Das, was ich eben über die Krause'schen Seitenmembranen gesagt habe, gilt auch für die von Merkel angenommenen Seitenmembranen der Fibrillen.

Die Merkel'schen Muskelelemente gehen von Z bis Z und werden durch dieses abgeschlossen (daher „Endscheibe“). Um diesen Aufbau zu ermöglichen, war es nothwendig, dass, wie Merkel es auch annahm, Z aus zwei getrennten Schichten bestand. Dieses hat sich als ein Irrthum erwiesen und damit ist die Annahme derartiger Muskelelemente unhaltbar geworden.

i) **Eventuelle Muskelelemente.** Will man Muskelelemente in der quergestreiften Substanz unterscheiden, so scheint mir, dass man dies mehr im physiologischen als im anatomischen Sinne thun muss. Wie aus dem bisher Gesagten hervorgeht, sind die Schichten Z und M von allen anderen wesentlich verschieden: sie verhalten sich besonders gegen Säuren und Alkohol, sie sind die einzigen, welche in Contraction und Ruhe unverändert ihre Eigenschaften bewahren, Z scheint ausserdem inniger mit dem Sarkoplasma zusammen zu hängen. Es geht daraus hervor, dass man als physiologische Einheit, und zwar wohlgemerkt, in der Fibrille, $Q + J$ resp. $Q + J + N + E$ aufzufassen hätte. Es müssen indessen bestimmte Beziehungen exi-

stiren zwischen je zwei solcher durch M getrennter Einheiten. Dafür spricht ihre symmetrische Anordnung, das wird dadurch bewiesen, dass die Fibrille stets mit einer isotropen Schicht endigt. Es folgt daraus, dass die zwischen je zwei Z befindlichen Schichten als eine Einheit zweiten Grades aufzufassen sind. Wenn man einen natürlich hinkenden Vergleich erlauben will, so würde jene physiologische Einheit ersten Grades, jenes physiologisch morphologische Element, einem Atom, jene Einheit zweiten Grades einem Molekül vergleichbar sein. Welche Bedeutung den, unter sich jedenfalls durchaus verschiedenen, Schichten Z und M zuzuschreiben ist, bleibt noch durchaus unklar.

k) **Kittsubstanzen.** So lange man sich die Muskelfaser aus lauter kleinsten morphologischen Elementen einfach wie aus Bausteinen aufgebaut dachte, nahm man zwei Kittsubstanzen an, durch welche dieselben verbunden wurden. Die eine sollte in Alkohol gelöst werden, sie verband die Elemente der Quere nach, die andere wurde durch Säure gelöst, sie stellte den Verband der Länge nach her. Es schien ganz einfach den Zerfall einmal in Fibrillen, das andere Mal in Scheiben auf diese Weise zu erklären, wobei man die durch Alkohol entstandenen Scheiben irrthümlicher Weise mit denen durch Säure entstandenen identificirte, und da jene ersteren sehr schwer zu erhalten waren, nur mit den letzteren rechnete und dieselben direct als „Bowman'sche discs" bezeichnete. Rollett hat nachgewiesen, dass eine derartige Annahme zweier Kittsubstanzen für den Aufbau des Muskels aus kleinsten Elementen nicht nur constructiv überhaupt kaum möglich ist, sondern auch dem Bau des Muskels direct widerspricht, indem er gleichzeitig auf die Verwechselung der Säure- und Alkoholscheiben aufmerksam machte. Ich möchte mich hierin Rollett durchaus anschliessen.

l) **Die Bedeutung der Fibrillen und des Sarkoplasmas und der Vorgang der Muskelcontraction.** Nach dem, was bisher über den Bau der Muskelfaser mitgetheilt worden ist, wird es kaum zweifelhaft sein, dass die Fibrillen als die für die Contraction wesentlichsten Elemente anzusehen sind. Der Aufbau der Fibrillen aus den oben beschriebenen so scharf differenzirten Schichten, die Möglichkeit, diesen Aufbau bei so sehr verschiedenen Thieren nachzuweisen (vergl. Figur 86), die constanten Veränderungen, welche diese Schichten unter Vermittelung durch das Zwischenstadium bei der Contraction erleiden, alles dieses scheint mir nur den Schluss zu gestatten, dass die Schichtenbildung ein sehr wesentliches und wichtiges Moment für die Function der Fibrillen darstellt. Fragen wir uns,

welch ein Zweck durch solch eine Schichtung erreicht werden kann, da doch auch die nicht geschichteten Fibrillen der glatten Muskelzellen contractil sind, so scheint mir, dass eine solche weitere Differenzirung der Fibrille nur eine Erhöhung der Schnelligkeit, vielleicht auch der Kraft der Contraction, also eine Erhöhung der Intensität der Function bewirken kann. Es ist auch die Meinung geäussert worden, dass die Höhe der einzelnen Schichten bei den verschiedenen Thieren mit der Schnelligkeit der Contraction zusammenhinge, so dass mit abnehmender Höhe die Schnelligkeit stiege, doch liegen in dieser Hinsicht auch widersprechende Befunde vor.

Dem Sarkoplasma kommen die sonstigen Functionen des Zellleibes zu: die Ernährung, das Wachsthum, die Vermehrung, Neubildung nach Verletzungen (s. unten). In dem Sarkoplasma endigt auch die Nervenfaser (s. unten) an einer bestimmten Stelle der Muskelfaser. Eine directe Verbindung der Nerven mit den Fibrillen, resp. deren Abtheilungen, ist wohl gesucht, aber nicht erwiesen worden. Es liegt daher sehr nahe, wie das auch mehrfach geschehen ist, das Sarkoplasma als Leiter des Nervenreizes anzusehen. Da es überall die Fibrillenbündel umgiebt, wahrscheinlich auch zwischen die Fibrillen selbst eindringt, so giebt es ja eigentlich kein besseres Medium, um den Reiz gleichmässig nach allen Theilen der in der Faser vorhandenen Fibrillen hinzuführen.

Sehr schwer ist es nun zu sagen, in welcher Weise man sich den Vorgang der Veränderung der Schichten bei dem Uebergang zur Contraction denken soll. Es liegen da zwei Möglichkeiten vor: einmal ist es denkbar, dass in Folge der Einwirkung des durch das Sarkoplasma zugeführten Reizes auf die einzelnen Schichten direct eine Veränderung dieser erfolgt, zweitens ist es aber auch möglich, dass die Schichten einen Einfluss auf einander ausüben, dass der Reiz in jeder Abtheilung, in jedem Gliede der Fibrille, nur einer Schicht zugeführt wird und dass diese dann durch Einwirkung auf die benachbarten Schichten die weiteren Veränderungen herbeiführt. In diesem Falle liegt es am nächsten an Q als reizempfangende Schicht zu denken, da in Folge der Lage der beiden Q in der Mitte einer jeden Abtheilung so am schnellsten eine Verbreitung der Veränderung und damit der Eintritt der Contraction stattfinden würde. Da, wie wir oben sahen, M immer gerade zwischen zwei nach ihm symmetrisch sich anordnende Einheiten eingeschoben ist, so liegt es theoretisch nahe daran, zu denken, dass M den Reiz empfange und nach beiden Seiten

weiter gebe, eine Annahme, die bis jetzt aber noch durch keine anatomische Thatsache gestützt wird.

Von beiden Gesichtspunkten aus sind Theorien aufgestellt worden, ohne dass indessen durch eine derselben eine wirklich wahrscheinliche Erklärung des Vorganges gegeben worden wäre.

m) **Charakteristik und Synonyme der einzelnen Schichten.** Ich will hier noch kurz eine Zusammenstellung der Haupteigenschaften der einzelnen Schichten geben, sowie die hauptsächlichsten synonymen Bezeichnungen anführen, um es dem Leser zu erleichtern, sich in der nicht unbedeutenden Menge von Namen, die in den einzelnen Arbeiten vorkommen, zurecht zu finden.

1) Die *Zwischenschicht, Z.* Zuerst von Amici beschrieben (s. XVI. 1859), aber auch schon von Bowman (1840) und von Brücke (11. XV. 1858) gesehen und abgebildet; Querlinie, W. Krause (1868 zuerst von diesem Autor als eine constante und wesentliche Schicht beschrieben), ferner Grundmembran seines Muskelkästchens, sowie der Muskelfächer, Krause'sche Linie in Bezug auf die ganze Faser; Endscheibe (*Z* aus zwei nebeneinanderliegenden Scheiben bestehend), Merkel; Zwischenscheibe, Engelmann; Querwand, Flögel; Disque intermédiaire, Frédéricq; Disque mince, Ranvier. Eine schmale, aber sehr bestimmt conturirte, stark lichtbrechende Schicht, anisotrop; quillt in Säuren später als alle anderen, bleibt hierbei schliesslich eventuell allein noch übrig, hängt mit dem Sarkoplasma enger zusammen als alle anderen, durch dasselbe dann auch wieder fester an den benachbarten Fibrillenbündeln sowie am Sarkolemm; ändert sich bei der Contraction nicht, und dient daher als sicheres Merkzeichen des Ortes. Färbt sich mit Hämatoxylin. Erscheint im negativen Goldbilde beträchtlich dunkler als *Q*, neutral grau oder mit einem violetten oder rothen Ton (Rollett).

2) Die *Nebenschicht, N.* Nach den Abbildungen zu schliessen wohl zuerst von Bowman (1840), dann von Brücke (11. XV. 1858) gesehen, benannt von Flögel als Körnerschicht (1871); Nebenscheibe, Engelmann; Disque sécondaire oder accessoire, Frédéricq; Disque accessoire, Ranvier. Stark lichtbrechende, schmalere oder breitere Schicht, anisotrop, quillt in Säuren früher als *Z*, verschwindet bei der Contraction als selbständiger Streifen. Färbt sich mit Hämatoxylin; erscheint im negativen Goldbilde ähnlich gefärbt wie *Z*, nur etwas heller (Rollett). Sehr inconstant.

3) Die *Querschicht, Q.* Hauptsubstanz der Bowman'schen Discs; doppelbrechende Substanz, Brücke; Hauptsubstanz,

Rollett; dunkles Querband, Merkel; Querscheibe, Engelmann. Eine breite, sehr deutlich hervortretende, stark lichtbrechende Schicht, anisotrop; quillt in Säuren am schnellsten und stärksten, kann event. durch Säureeinwirkung von dem benachbarten Q wahrscheinlich in Folge von Zerstörung von M getrennt werden (Säurezerfall); ändert sich bei der Contraction sehr wesentlich, bleibt aber immer doppelbrechend. Färbt sich mit Hämatoxylin nur im Ruhezustande; in diesem Zustande verleiht ihm Goldfärbung ein schön rothes Aussehen (Rollett). Constant. — Ein inconstanter aber häufiger Zustand von Q ist der, dass es aus einer schwächer lichtbrechenden (Qh) und einer stärker lichtbrechenden (Qd) Partie besteht. Qh ist dann auch schwächer anisotrop als Qd und entspricht dem Disque médiare, Frédéricq; der Strie intermédiaire, Ranvier, sowie dem, was Engelmann (zum Theil) und Rollett als Hensen'sche „Mittelscheibe" ansehen.

4) Die *Mittelschicht, M. Mittelscheibe* (Hensen, Merkel, Nasse), Hensen'sche Linie in Bezug auf die ganze Faser. Schon gezeichnet in der Figur 80 B (Froschmuskelfaser im Contractionszustande) der „Mikroskopischen Anatomie" von Kölliker (1850). Zuerst genauer studirt und benannt von Hensen (1868). Dieselbe ist eine sehr feine Schicht zwischen den beiden Q, resp. Qh, isotrop nach Merkel, schwächer anisotrop als Q nach Nasse. Sie ist von Engelmann, Ranvier, Rollett mit Qh zusammen geworfen worden. Bei Behandlung der Muskelfaser mit sehr schwacher Essigsäure bildet sie, da sie schwerer quillt als Q zunächst eine Einschnürung in der Mitte zwischen diesen, bei stärkerer Essigsäure verschwindet sie (Merkel). Sie ändert sich bei der Contraction nicht und tritt in der contrahirten Faser am klarsten hervor, da Q dann hell geworden ist. Sie färbt sich in geringem Grade mit Hämatoxylin (Merkel). Sicher immer vorhanden, aber wegen Zartheit und Lage zwischen den beiden Q nicht immer wahrzunehmen.

Die in diesen verschiedenen Schichten auftretende Doppelbrechung würde nach der Hypothese von Brücke ev. durch kleine (nicht sichtbare, nur gedachte) feste, stärker lichtbrechende und doppelbrechende Körperchen: Disdiaklasten verursacht werden, die in den Schichten in bestimmter Weise angeordnet lägen, und eine unveränderliche Grösse und Gestalt besässen. Durch die Einwirkung von Säuren und Alkalien würden sie eine Molekularveränderung erfahren und ihre doppelbrechenden Eigenschaften einbüssen. Dieselben würden auch die Doppelbrechung der glatten Muskelzellen bewirken.

5) Die *Schicht E* (einfach brechende Substanz) und

6) Die *Schicht J* (isotrope Substanz) sind von Rollett und früher schon von Engelmann in derjenigen Substanz unterschieden worden, die sonst auch bezeichnet wurde als: einfach brechende Substanz, Brücke; Zwischensubstanz, Rollett; Muskelkästchenflüssigkeit, W. Krause; isotrope Substanz, Merkel; Substance claire isotrope, Frédéricq; Bande claire, Ranvier. Wie man sieht, bezeichnen die oben zur Erklärung der Buchstabenbezeichnung angeführten, in Klammern gesetzten, Namen dasselbe, nämlich die Haupteigenschaft dieser Substanz im Gegensatze zu den anderen Schichten. Es kam nur darauf an, die beiden Schichten mit Buchstaben zu fixiren, da sie bei Anwesenheit von N an verschiedenen Stellen liegen, und da sie sich in diesem Falle auch möglicherweise etwas verschieden verhalten. Fehlt N, so ist nur eine solche Schicht (J) vorhanden. Beide, J und E, sind schwach lichtbrechend, isotrop, quellen bei Säureeinwirkung, erscheinen aber doch mehr passiv gegenüber dem Verhalten der anderen Schichten in diesem Falle; färben sich nicht mit Hämatoxylin und Gold.

7) Hier würde sich dann endlich noch der *Contractionsstreifen* CS anschliessen, jene Schicht, die sich bei der Contraction neu um Z herum bildet. Dieselbe besteht aus $C + Z + C$, welches letztere die neu entstandene *Contractionsschicht* darstellt. Da Z meistens nicht mehr für sich zu erkennen ist, so erscheint es praktisch für die Kürze der Beschreibung noch CS als Bezeichnung einzuführen. C ist stark lichtbrechend, gewöhnlich einfachbrechend, mitunter mehr oder weniger stark doppelbrechend, färbt sich mit Hämatoxylin sehr intensiv.

Die von Rollett (11, XLIX) vorgeschlagene Buchstabenbezeichnung der einzelnen Schichten habe ich hier acceptirt, allerdings aber Q getheilt, M eingefügt und die Contractionsschicht noch besonders durch C bezeichnet.

n) **Entwickelung und Werthigkeit der Muskelzelle und des Sarkolemms.** Die Muskelfasern entwickeln sich aus einkernigen spindelförmigen Zellen (Kölliker), die Kerne vermehren sich (durch Mitose) bei zunehmendem Wachsthum der Zelle schnell. In dem Protoplasma, welches inzwischen an Menge ebenfalls zugenommen hat, differenziren sich die Fibrillen, die zunächst mehr peripherisch liegen, so dass, wie es bei niederen Thieren sich auch im erwachsenen Zustande oft findet, im Innern des Fibrillenmantels noch wieder ein Kern von Protoplasma liegt (vergl. auch oben das über den Bau der Muskelfasern bei höher und tiefer stehenden Thieren Gesagte). Mit weiter-

gehender Entwickelung vermehren sich die Fibrillen weiter auf Kosten des Protoplasmas. Es ist darnach kein Zweifel, dass die vielkernige Muskelfaser wirklich den Werth einer vielkernigen Zelle hat. Physiologisch würde dieselbe allerdings einer der Kernzahl entsprechenden Menge von Zellen gleich zu achten sein. Der nicht getrennte vielkernige Zellleib ist aber physiologisch wieder vortheilhafter, da eine Nervenendigung ausreicht, um den ganzen Complex in Thätigkeit zu setzen und da die Gesammtcontraction der langen vielkernigen Zelle eine viel ausgiebigere sein kann, als die einer entsprechenden Anzahl kleiner. Es handelt sich hier also wieder um eine durch die Arbeitstheilung herbeigeführte Differenzirung, welche ihren Grund in der zweckentsprechenden Thätigkeit findet.

Bei den Wirbelthieren sind die quergestreiften Muskelzellen mesodermalen Ursprungs (wobei dann freilich die Ableitung des Mesoderms eventuell verschieden sein kann), bei einer Anzahl niederer Thiere finden wir aber auch eine Entstehung direct aus Zellen des Ektoderms oder Entoderms.

Das Sarkolemma ist seiner Abstammung nach noch zweifelhaft. Es wird sowohl als eine Zellmembran aufgefasst wie auch als ein Product des die Muskelzelle einhüllenden Bindegewebes angesehen. Ich möchte die Frage noch als eine offene betrachten, mich aber mehr der zweiten Annahme zuneigen. Es veranlasst mich dazu der Umstand, dass bei der Endigung der Nervenfaser in der Muskelzelle das Sarkolemma, wahrscheinlich wenigstens, in die zweifellos bindegewebige Schwann'sche Scheide übergeht. — Seinem chemischen Verhalten nach unterscheidet sich das Sarkolemma sowohl von dem fibrillären Bindegewebe wie von dem elastischen Gewebe wesentlich; es steht dagegen den Membranae propriae der Drüsen sehr nahe (Chittenden 66, III; Ewald 10, XXVI). Da, wie wir oben (pp. 63 und 94) gesehen haben, es von diesen noch zweifelhaft ist, ob sie bindegewebigen oder epithelialen Ursprungs sind, so dürfte es auch für das Sarkolemma noch zweifelhaft bleiben, ob es von der Muskelzelle oder dem Bindegewebe abstammt.

o) **Vermehrung und Wachsthum.** Die einmal angelegten Fasern vermehren sich nur durch Längstheilung, Neubildung nach embryonaler Art kommt nicht vor. Eine sich zur Längstheilung anschickende Faser zeigt mehrere Kernreihen in ihrer Mantelschicht, Weismann'sche Kernreihenfasern. Die aus ihr hervorgehenden Tochterfasern sind zunächst sehr fein. Um die sich theilende Faser, später um die ganze Fasergruppe liegt eine bindegewebige, gefäss-

und kernreiche Scheide (aus dem Perimysium gebildet). Die zu der Faser, resp. zu der Gruppe gehörige, sehr starke markhaltige Nervenfaser tritt durch die bindegewebige Hülle, mit welcher sich ihre Fibrillenscheide (HENLE'sche Scheide) verbindet, hindurch und lässt durch Theilung die Endigungen für die neuen Muskelfasern hervorgehen. Die so entstehenden durch ihre bindegewebige Hülle gegen die übrigen Fasern abgetrennten Bildungen haben verschiedene Namen erhalten: Muskelknospen (KÖLLIKER), Muskelspindeln (KÜHNE), sie haben auch zu falschen Deutungen Veranlassung gegeben: „umschnürte Bündel" (FRAENKEL), „neuromuskuläre Stämmchen" (ROTH, 42, 1887, Nr. 8). Bei der weiteren Entwickelung der neugebildeten Muskelfasern schwindet die dicke Scheide mehr und mehr, bis die gewöhnliche Umhüllung des Perimysium aus ihr hervorgeht.

Diese Art der Vermehrung findet sich beim Embryo, beim Neugeborenen und in späteren Lebensjahren.

Das Längenwachsthum der Muskelzelle scheint namentlich an den Enden derselben statt zu finden und zeigen diese zahlreiche Kerne. Dass die Fasern der Dicke nach zunehmen, habe ich oben schon erwähnt (p. 116).

Die Grössenzunahme der Muskeln nach der Geburt (bei Fröschen nach Abwerfen des Schwanzes) scheint nur auf einem Wachsthum der einzelnen Muskelzellen, nicht auf einer Vermehrung derselben zu beruhen, da Zählungen der Fasern die gleiche Anzahl ergeben. Da nun aber, wie wir eben gesehen haben, auch später noch Theilungen der Muskelfasern vorkommen, so muss eine entsprechende Anzahl der letzteren constant physiologisch zu Grunde gehen. Die MARGO-PANETH'schen „Sarkoplasten", von denen die Autoren annahmen, dass sie einer Neubildung von Muskelfasern dienen sollten, sind wahrscheinlich solche Degenerationsprodukte. S. MAYER nennt dieselben Gebilde „Sarkolyten" (wegen des Näheren vergl. man S. MAYER: 43, 1887, VIII; 16, I, p. 231 ff.; 44, IV, p. 129 ff.; BARFURTH 1, XXIX) und weist ein regelmässiges Zugrundegehen von Muskelfasern nach. (Betreffs der hier erwähnten Thatsachen vergl. auch: FELIX 12, XLVIII; RIEDEL, 45; KÖLLIKER, Handb.).

p) **Verheilung von Muskelwunden.** Nachdem zunächst eine direct durch die Verwundung bedingte Degeneration eingetreten ist, zeigt sich eine lebhafte Kernvermehrung an den der Wunde benachbarten Enden der Muskelfasern und ein Auswachsen derselben in Gestalt von kolbenförmigen oder spitzeren protoplasmatischen Fortsätzen. Es tritt also zunächst das Sarkoplasma in neubildende Thätigkeit, ver-

jüngt sich gewissermaassen, wird wieder zu Protoplasma. Später tritt in den so auswachsenden Muskelfasern von neuem Querstreifung auf, d. h. Differenzirung von Fibrillen, indem zugleich die Kerne auseinander weichen. So wachsen die Fortsätze von beiden Enden der Wunde zwischen einander hin, dieselbe schliessend. Ist der Substanzverlust grösser als 1 cm, so bildet sich eine bindegewebige Narbe, in welcher dann auf beiden Seiten die ausgewachsenen Muskelfasern endigen. (SOKOLOW, 46, X p. 74, an Hunden und Katzen.)

D) Vereinigung der Muskelzellen zu Organen: Muskeln.

Sowohl die einkernigen wie die vielkernigen Zellen lagern sich zu grösseren oft sehr umfangreichen Complexen zusammen, den Muskeln. Die ersteren bilden den Herzmuskel, die letzteren die übrige Muskulatur. Beide Muskelarten sehen mehr oder weniger intensiv roth aus, eine Farbe, die zum Theil allerdings von dem in den zahlreichen Blutgefässen der Muskeln enthaltene Blute, zum bei Weitem grössten Theile aber von der rothen Farbe herrührt, die der einzelnen Muskelzelle eigenthümlich ist.

1) Die aus vielkernigen Zellen bestehenden Muskeln.

a) **Vorkommen.** Solche Muskeln finden sich zunächst in der gesammten Skeletmuskulatur, dann in der Umgebung des Augapfels, an der Ohrmuschel und in der Paukenhöhle, am Anfange und Ende des Digestionstractus, am Anfange des Respirationstractus (Kehlkopf), an den Geschlechtsorganen und der Harnröhre.

b) **Allgemeine Structur und Sehnenansatz.** Wie schon früher angegeben, ist es das Bindegewebe, welches allen anderen Gewebselementen die Gefässe zuführt und daher überall zwischen dieselben eindringt. So ist auch in diesem Falle der ganze Muskel von einer aus fibrillärem Bindegewebe mit elastischen Fasern (s. „Bindesubstanzen") gebildeten Hülle umgeben, dem Perimysium externum. Von diesem geht eine Anzahl von Zügen in das Innere des Muskels hinein, welche grössere Abtheilungen desselben umgeben; diese werden durch weitere Septa in kleinere Abtheilungen zerlegt, bis schliesslich eine jede Muskelfaser von ihrer eigenen sehr zarten bindegewebigen Hülle bekleidet ist, die sich dem Sarkolemm enge anfügt. Dieses in dem Muskel befindliche Bindegewebe wird als Perimysium internum bezeichnet. So zerfällt der ganze Muskel in eine grosse Anzahl von primären, secundären, tertiären Bündeln, in welchen die Muskel-

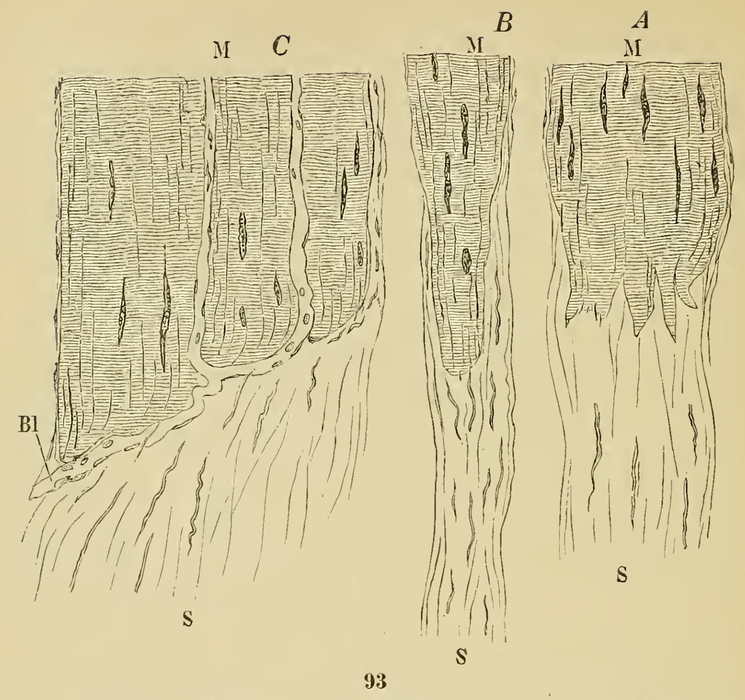
zelle die morphologische Einheit bildet. Je nachdem die Bindegewebssepta mehr oder weniger mächtig sind, erscheint der Muskel mehr grob- oder mehr feinfaserig. Die Nervenfasern benutzen gleich den Gefässen dieses Bindegewebe, um zu den einzelnen Fasern hinzugelangen.

An den beiden Enden des Muskels setzt sich das Perimysium in rein bindegewebige Organe fort: die Sehnen. Ein jeder Muskel also, auch ein solcher, der scheinbar ganz unmittelbar von einem Skelettheil entspringt, hat an jedem Ende eine Sehne, die allerdings unter Umständen nur mikroskopisch sichtbar sein kann. Nur durch Vermittelung des Perimysium steht eine jede Muskelfaser mit diesen Sehnen in Verbindung. Bei der Contraction wird die Formveränderung einer jeden Faser zunächst auf ihre Perimysiumhülle übertragen, durch diese auf die Sehne, so ist die Wirkung des Muskels die Resultante der auf das Perimysium ausgeübten Einwirkung aller seiner Fasern. Ueberlegt man dieses, so bietet für das Verständniss der Muskelwirkung auch die oben (p. 116) erwähnte Thatsache, dass eine mitunter recht grosse Anzahl von Muskelfasern zu kurz sind, um den ganzen Muskel zu durchsetzen, keine Schwierigkeit: sie brauchen ja eben nur auf der Stelle, wo sie liegen, auf das Perimysium einzuwirken.

Die nachstehende Figur 93 giebt einige Beispiele von der Art der Verbindung zwischen Muskelfaser und Sehne. Die Muskelfasern endigen theils stumpf, theils konisch auslaufend, theils mehr oder weniger tief gezackt, das Sarkolemm schmiegt sich in jedem Falle dem Inhalte unmittelbar an, das zu beiden Seiten der Muskelfaser befindliche Perimysium, das theilweise Blutgefässe führt, geht direct in die Sehne über.

Um einen Begriff von der Menge der in einem Muskel enthaltenen Fasern zu geben, führe ich einige Querschnittszählungen von Riedel an: M. cleidomastoideus bei einer Maus 1210 Fasern, bei einem Kaninchen 6324 Fasern. M. omohyoideus eines kräftigen neugeborenen Kindes 20 808 Fasern. Derselbe Muskel bei einem Manne mit schwächerer Muskulatur 14 251 Fasern.

c) **Die Blutgefässe.** Jeder Muskel wird durch einige (je nach Grösse und Lage wechselt die Zahl) grössere oder kleinere Arterien versorgt, welche gewöhnlich von je zwei Venen begleitet werden. Diese Gefässe bilden, indem sie sich verästeln und mit benachbarten anastomosiren, zunächst ein gröberes Netzwerk, durch welches sie sämmtlich unter einander in Verbindung treten. In den Maschen dieses wird durch neue kleinere Aestchen ein zweites feineres Netzwerk er-



Enden von quergestreiften Muskelfasern in Verbindung mit der Sehne. Aus dem M. gastrocnemius des Frosches nach Maceration in verdünntem Holzessig (1 Th. : 3 Th. Wasser). M = Muskel; S = Sehne; Bl = Blutcapillare. *A)* Das Muskelende ist stark gezackt; *B)* das Muskelende ist konisch; *C)* die Muskelenden sind mehr stumpf. In Muskel und Sehne deutlich vortretende Kerne, die Sehne setzt sich direct in das Perimysium neben und zwischen den Muskelfasern fort.

zeugt, dessen Maschen Räume ungefähr gleichen Inhalts einschliessen. Aus den Gefässen dieses entspringen, meist rechtwinkelig zur Faserrichtung des Muskels, feinste Arterien und Venen (Figur 94), aus denen endlich die Capillaren, resp. die vorcapillären Aestchen ihren Ursprung nehmen. In den beiden Netzen liegen stets je eine Arterie und eine Vene dicht neben einander (vergl. Figur), die letzten Endarterien und Endvenen verlaufen dagegen, wie Figur zeigt, durch Zwischenräume getrennt, mit einander abwechselnd, so dass stets eine Arterie zwischen zwei Venen, eine Vene zwischen zwei Arterien sich befindet (Spalteholz, 47, XIV, 1888). Bis hierhin liegen die Gefässe in den Septen des Perimysium, welche die einzelnen primären etc. Bündel von einander trennen. Die vorcapillären Aestchen der Arterien und die Capillaren selbst verlaufen im Wesentlichen parallel der Faserrichtung und zwar in dem Perimysium, das innerhalb der

primären Bündel die einzelnen Muskelfasern umgiebt. Die vorcapillären Aestchen der Venen sind relativ kurz und weit und bilden häufig mehr oder weniger deutliche Büschel. Die Venen selbst sind bis in die feinsten Aestchen mit gut schliessenden und sehr widerstandsfähigen Klappen versehen (Spalteholz). Die Capillaren

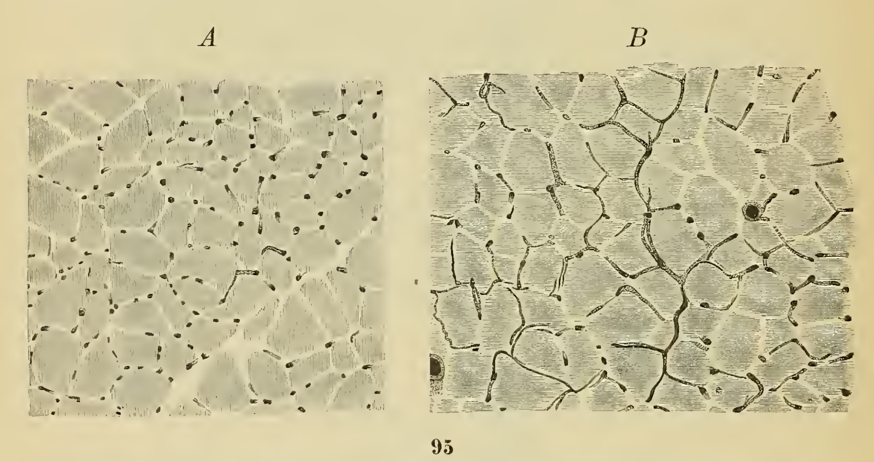


94

Blutgefässe des Muskels, die Arterien schwarz, die Venen schraffirt. Die beiden grossen Stämme gehören einer Masche des feinen Netzes an, aus ihnen entspringen die Endarterien und Endvenen, aus diesen die Capillaren resp. die vorcapillären Arterien und Venen, welche entsprechend schwarz oder punktirt sind. Die kleine Endarterie links oben ist durch ein Versehen des Holzschneiders nach ihrer Spitze zu schraffirt worden. Aus dem M. adductor magnus des Kaninchens. Copie n. SPALTEHOLZ (47, XIV, 1888).

verlaufen der Länge nach an den Muskelfasern hin, dem Sarkolemm ziemlich fest angeheftet. Jede Muskelfaser wird gleichzeitig von mehreren Capillaren an verschiedenen Stellen ihres Umfanges begleitet, welche aber immer nur eine relativ kurze Strecke an ihr herablaufen, dann anderen Platz machen. Es liegt das daran, dass die Capillaren entweder rechtwinkelig umbiegend auf eine benachbarte Faser übergehen oder nach der Vene abbiegen. Auch recht-

winkelige Anastomosen sind häufig. Durch beides wird es bewirkt, dass die Capillarmaschen die Form von Rechtecken erhalten, in deren Lumen die Muskelfaser liegt. Im ruhenden Muskel ist der Verlauf der Capillaren gestreckt, im contrahirten geschlängelt, oft so stark, dass die Breite der Schlängelungen der der Muskelfaser fast gleich ist. Dem entsprechend sieht man auf den beiden nebenstehenden Figuren 95 A und B, welche Querschnitte aus einem Muskel im er-



95

Querschnitte aus dem M. semitendinosus d. Hundes. Blutgefässe injicirt mit Berliner Blau. *A)* aus dem ruhenden Muskel, *B)* aus dem contrahirten Muskel. Copie n. Spalteholz (47, XIV, 1888).

schlafften und contrahirten Zustande darstellen, in jenem mehr Querschnitte, in diesem mehr Längsansichten von Capillaren in der Umgebung der Muskelfasern.

Aus dem eben Gesagten geht hervor, dass in dem Muskel einmal eine möglichst gleichmässige Versorgung mit Blut erreicht ist (Netze und gleichmässige Vertheilung der Endäste), dass zweitens der Stoffumsatz zwischen Blut und Muskelfaser möglichst erleichtert ist (Menge der Capillaren und inniges Anliegen derselben an der Muskelfaser), dass drittens die Abführung des verbrauchten Blutes eine sehr ausgiebige ist (relative Weite der Endvenen und Menge der Klappen), alles Einrichtungen, wie sie für ein so plötzlich in lebhafteste Thätigkeit eintretendes Organ nothwendig sind. Andererseits ist aber ein jeder Muskel in Bezug auf den Blutstrom ein für sich abgeschlossenes Ganzes (Spalteholz), die vorhandenen Anastomosen mit den Gefässen der Umgebung sind zu fein, um bei plötzlichem Verschluss eines Astes die Blutzufuhr herzustellen. Ein ähnliches Verhältniss soll stattfinden

in Bezug auf die einen Muskel versorgenden Hauptstämme und die von ihnen abgehenden Aeste, auch hier sollen die Anastomosen dieser wegen ihrer Feinheit nicht genügen, den Verschluss eines Hauptstammes auszugleichen.

d) Die **Lymphgefässe** des Muskels sind noch nicht hinreichend genau bekannt. Die spärlichen Angaben der Autoren lauten sehr verschieden. Die Anfänge sind ganz unbekannt, von dem weiteren Verlaufe wird angegeben, dass er sich dem der kleineren Blutgefässe anschliesse. Nach LUDWIG und SCHWEIGGER-SEIDEL (49) ist es möglich, dass in den Fascien und Sehnen der Muskeln die eigentlich abführenden Wege sind. (Vergl. auch „Lymphgefässe der Sehne").

e) **Die Nerven.** Die zu den Muskeln verlaufenden Nerven sind theils markhaltig, theils marklos. Die ersteren zerfallen in motorische und sensible.

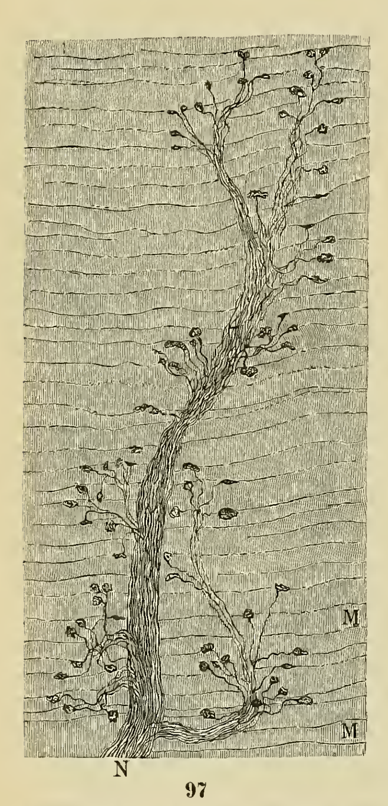
α) Die motorischen Nerven und ihre Endigung (DOYÈRE's „Hügel" [1840], „motorische Endplatten", W. KRAUSE [1863 und 1869];



96

Nervenplexus und Endigungen aus einem Eidechsenmuskel nach Behandlung mit verdünnter Essigsäure. Vergr. 100. Links Plexus, daraus hervorgehend einzelne sich verästelnde Fasern, die zu den durch die Kerne ausgezeichneten motorischen Endigungen hinziehen. Die Kerne der Muskelfasern und die der SCHWANN'schen Scheide sind nicht gezeichnet, das Bindegewebe ist ganz fortgelassen

„Plaques terminales“, Rouget [1862], Kühne's „Nervenhügel“, „motorisches Geweih“ [1]). Die dickeren Nervenstämmchen verästeln sich in dem Perimysium, ihre Aeste, namentlich die feineren, nur aus wenigen Fasern bestehenden, bilden Plexus in demselben (Figur 96). Die aus diesen hervortretenden einzelnen Nervenfasern theilen sich ein- bis zwei- bis dreimal, indem sie jedes Mal in zwei bis fünf Aeste zerfallen (s. Figur). Hierdurch wird die Zahl der Nervenfasern beträchtlich vermehrt und so schliesslich diejenige erreicht, welche nothwendig ist, um jede Muskelfaser mit einer oder mehreren Nervenendigungen zu versehen. Mitunter tritt die Plexusbildung nicht so deutlich hervor, von dem Nervenstämmchen gehen nur relativ kurze Aeste ab, die bald endigen. Ein Beispiel dafür giebt Figur 97. In Bezug auf die Anzahl der Endigungen verhalten sich die Muskelfasern verschieden. So erhalten nach Sandmann (15, 1885, phys. Abthlg., vergl. auch Mays 10, XX, XXII) die Fasern des M. gastrocnemius und des M. triceps des Frosches je eine Nervenendigung etwa in der Mitte. Die des M. sartorius dagegen 2 bis 6 Nervenendigungen und ebenso die des M. cutaneus; bei dem durch Inscriptionen vollständig in Abschnitte zerlegten M. rectus abdominis besitzen die Fasern eines jeden Muskelsegments ihre eigene Nervenendigung. Die Muskelfasern der Säugethiere scheinen dagegen trotz ihrer grossen Länge nur je eine Nervenendigung zu benöthigen. Hierbei sind nicht als doppelte Nervenendigungen gerechnet jene, in denen zwei kurze markhaltige Theilfasern dicht neben einander auf derselben Muskelfaser endigen, so dass die beiden Endigungen gewissermaassen zu einer verschmelzen.



97

Nervenverzweigung und -Endigung aus dem Zwerchfell eines 10 Tage alten Kaninchens. Vergoldung. Schwache Vergrösserung. M = Muskel; N = Nerv.

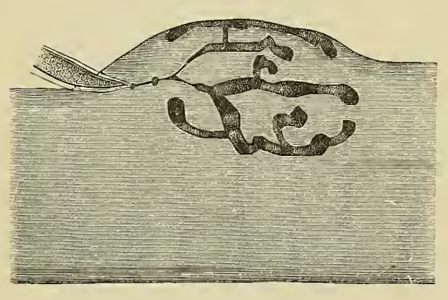
[1]) Betreffs der älteren Litteratur sehe man Arndt (1, IX, 1873).

Mitunter kommt es vor, dass aus einer schon marklos gewordenen Faser (s. weiter unten) sich ein Ast abzweigt, der wieder eine Markhülle erhält und in einer nicht weit abliegenden Faser endigt (KÜHNE). Häufiger ist es ferner zu beobachten, dass eine markhaltige Faser über eine Anzahl von Muskelfasern hinzieht und hin und wieder von den Stellen der RANVIER'schen Einschnürungen aus (s. „Nervengewebe") kurze Aestchen abgiebt, welche zu Endigungen in Muskelfasern hinziehen.

Was die Art der Nervenendigung anlangt, so ist dieselbe durchaus charakteristisch (man vergleiche des besseren Verständnisses wegen das Capitel über das Nervengewebe). Die markhaltige Nervenfaser tritt als solche dicht an die Muskelfaser heran, ihre SCHWANN'sche Scheide verschmilzt mit dem Sarkolemm, der Axencylinder allein tritt in die Muskelfaser ein, während das Mark unter Umständen schon ein kleines Ende vor der Muskelfaser zugespitzt aufhört. Der Axencylinder verästelt sich dann in mannigfacher, sehr verschiedene Formen darbietender Weise, indem seine Aeste eine geweihartige Figur bilden (KÜHNE), welche in dem Innervationsfelde die Muskelfaser bedeckt. Der Umfang dieses Feldes, dessen Form meist eine Ellipse oder ein Parallelogramm darstellt, ist verschieden gross, beträgt gewöhnlich etwa ein Drittel des Umfanges der Muskelfaser, kann dieselbe unter Umständen aber auch fast ganz umgreifen (KÜHNE). Je nachdem die Aeste des Endgeweihes mehr schmale, gerade verlaufende Fasern darstellen oder je nachdem sie mehr breite platte bogen- oder hakenförmig verlaufende Bildungen sind, hat KÜHNE Stangengeweihe und Plattengeweihe unterschieden. Die Grundform der ersteren bildet ein *H*, die der letzteren ein kurzer Doppelhaken *Ç*. Ob diese Verschiedenheit der Form eine bestimmte physiologische Bedeutung hat, ist noch nicht zu erweisen gewesen, jedenfalls erlaubt sie eine kurze Angabe der Form. Stangengeweihe finden sich hauptsächlich bei den Amphibien und Plattengeweihe bei den Reptilien, Vögeln und Säugern, doch kommen bei beiden Abtheilungen Uebergänge zu der andern Geweihform vor, die atypischen Geweihe (KÜHNE).

An der Stelle des Innervationsfeldes ist der Inhalt der quergestreiften Muskelfaser meistens bedeckt von einer feinkörnigen Masse, in welche die Aeste des Axencylinders eingelagert sind: die Granulosa oder Substanz der Sohle (KÜHNE). Dieselbe ist wohl ziemlich sicher als eine Ansammlung des Sarkoplasmas zu betrachten, welche demgemäss mit dem sonstigen die Muskelfaser durchziehenden Sarkoplasmanetz in unmittelbarer Verbindung steht. Die in der Sohle vielfach

vorkommenden Kerne („Sohlenkerne", KÜHNE, „Noyaux fondamentaux", RANVIER) würden demgemäss Muskelkerne sein. Je nach der Mächtigkeit der Granulosa begleitet dieselbe die einzelnen Axencylinderäste neben, resp. unter ihnen liegend in verschwindend geringer Menge (so bei den Stangengeweihen, wo sie unter Umständen unsichtbar werden kann), oder in grösserer Menge deutlich zwischen und unter den Aesten sichtbar (so bei den Plattengeweihen) und vermag dann mitunter eine solche Mächtigkeit zu erreichen, dass sie als eine dicke Auflagerung erscheint, welche auf dem Querschnitt zusammen mit den eventuell über einander liegenden Geweihästen bis $^1/_5$ des Durchmessers der Muskelsubstanz betragen kann (KÜHNE). Es wird unter diesen Umständen nicht Wunder nehmen, dass die motorische Nervenendigung häufig wie ein kleiner Hügel vorspringt („DOYÈRE's Hügel", zuerst gesehen bei Insecten: Milnesium tardigradum) und dass ein solcher sich namentlich bei den Reptilien und Säugern, welche Plattengeweihe besitzen, häufig erkennen lässt, wobei der Nerv vielfach an der Basis des Hügels eintritt (Figur 98). Ob auch die mitunter an Stangengeweihen vorkommenden, von KÜHNE als Endknospen bezeichneten, den schmalen Aesten dicht anliegenden Kerne zu den Sohlenkernen zu rechnen sein dürften, ist wahrscheinlich, aber noch zweifelhaft. Hervorzuheben habe ich hier, dass KÖLLIKER, KRAUSE und Andere die Ansicht vertreten, dass die Verästelung des Axencylinders, das Endgeweih, nicht zwischen Sarkolemm und Muskelinhalt, sondern auf dem Sarkolemm gelegen sei, dass die SCHWANN'sche Scheide die Verästelungen bis zu Ende begleite und die HENLE'sche resp. die Perineuralscheide sich mit dem Sarkolemm verbinde. In diesem Falle würde natürlich die Granulosa nicht mit dem Sarkoplasma identisch sein können, sondern von der SCHWANN'schen und der HENLE'schen Scheide abzuleiten sein. Ich möchte mich, wie aus dem Obigen hervorgeht, der entgegengesetzten, von KÜHNE und wohl der Mehrzahl der Forscher vertretenen Ansicht anschliessen. Das Genauere der KÜHNEschen Auffassung anlangend, so will ich hier nur kurz erwähnen, dass

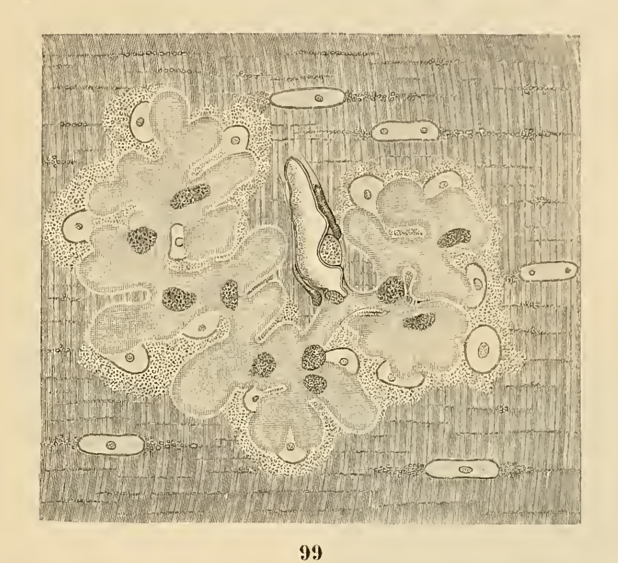


98

Nervenendigung (Plattengeweih) von der Maus. Vergoldung, Nervenhügel, Profil. Der Nerv tritt an der Basis ein. Querstreifung des Muskels und Sohlenkerne nicht gezeichnet. Copie n. KÜHNE (10, XXIII).

derselbe an der Stelle des Nerveneintritts und im Bereiche des Geweihes eine Doppelmembran annimmt, das Telolemm, welches aus dem auf seiner inneren Fläche Kerne tragenden Epilemm (Fortsetzung der Henle'schen Scheide) und dem Endolemm (Fortsetzung der Schwann'schen Scheide) besteht und in einer durch Silber nachweisbaren Grenzlinie mit dem Sarkolemm verschmilzt (10, XIX).

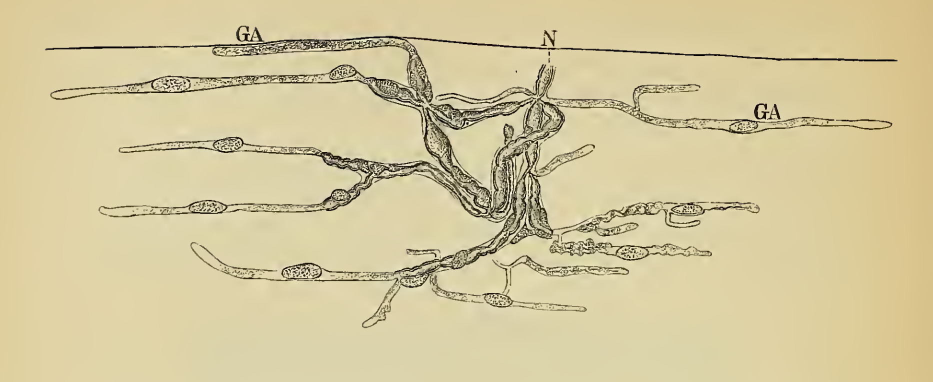
Die nachstehenden Abbildungen werden die bisher gegebene Beschreibung erläutern. Figur 99 stellt das Plattengeweih einer Eidechsen-



99

Plattengeweih, frisch in physiologischer Kochsalzlösung. Aus dem Oberschenkel von Lacerta agilis. Vergr. 725. Nach Kühne (10, XXIII) Die kurz abgerissene markhaltige Nervenfaser tritt in der Mitte des Bildes in die Muskelfaser ein. Zwischen den Lappen des Plattengeweihs körnige Sohlensubstanz mit grossen hellen Kernen, die theilweise von der Nervenausbreitung bedeckt werden. Auf dieser zeigen sich dunkler erscheinende Kerne der Hülle (Telolemm). An der Nervenfaser liegen ein Kern der Schwann'schen und zwei der Henleschen Scheide an. In der quergestreiften Muskelsubstanz sind Muskelkerne sichtbar.

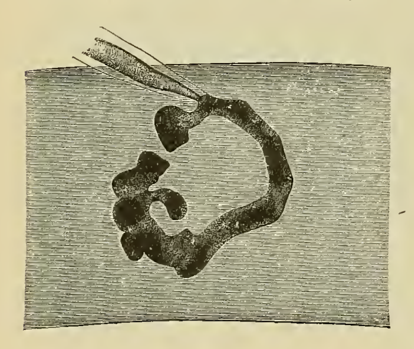
faser im frischen Zustande dar. Die Lappen der Verästelung erscheinen sehr breit; bei der gewöhnlichen Darstellungsmethode mit Hülfe von Goldchlorid tritt eine erhebliche auf Schrumpfung beruhende Verschmälerung ein. Man erkennt leicht die körnige Substanz der Sohle und die in ihr liegenden Kerne. Die auf dem Plattengeweih befindlichen Kerne würden der Hülle angehören. Im Gegensatze hierzu stellt Figur 100 ein Stangengeweih dar. Die an den Ausläufern liegenden Kerne sind die von Kühne auch als „Endknospen" bezeichneten Gebilde. Sohlensubstanz ist hier nicht sichtbar, die langen schmalen Ausläufer des Axencylinders scheinen direct auf der Substanz der Muskel-



100

Stangengeweih aus dem M. gastrocnemius des Frosches. Die markhaltige Nervenfaser (N) theilt sich zunächst in mehrere markhaltige Endäste. Querstreifung des Muskels nicht gezeichnet. GA = Geweihäste (marklos) mit anliegenden Kernen; N = markhaltige Nervenfaser. Mit geringen Veränderungen nach KÜHNE (10, XXIII).

zelle, d. h. auf deren geringer Sarkoplasmamenge aufzuliegen. Die einfachste Form des Plattengeweihs, den Doppelhaken, stellt Figur 101 dar, während die Figuren 102 und 103 gewöhnliche Formen der Nervenendigung bei Säugern wiedergeben, wozu man auch noch Figur 98 vergleichen möge.



101

Nervenendigung v. Meerschweinchen. Vergoldung. Einfachste Form des Plattengeweihs: der Doppelhaken. Querstreifung des Muskels und Sohlenkerne nicht gezeichnet. Copie n. KÜHNE (10, XXIII).

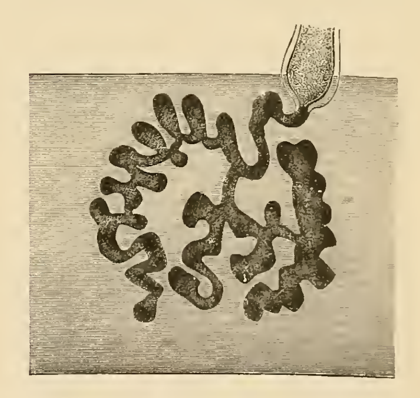
β) Die sensiblen Nerven. Wir müssen sensible Nerven des Muskels von denen der Sehne unterscheiden, obwohl beide wahrscheinlich dem Muskelgefühl dienen werden; die der Sehne werden bei der Beschreibung des Baues dieser abgehandelt werden (s. „Bindesubstanzen"). Die sensiblen Nerven der Muskeln sind hauptsächlich von KÖLLIKER und SACHS (15, 1874) untersucht worden. Die markhaltigen sensiblen Fasern verlaufen in der Regel in demselben Stämmchen mit den motorischen und sind von diesen nicht verschieden. Ihre Anzahl ist gewöhnlich sehr klein: eine, zwei oder weniger für einen Muskel. In Bezug auf den Modus der Vermehrung unterscheiden sie sich wesentlich von den motorischen: während bei diesen ausschliesslich eine Theilung in gleichwerthige Elemente stattfindet, zeigen

die sensiblen anfangs zwar ebenfalls Theilungen, späterhin aber durchweg eine baumförmige Ramification, d. h. es gehen von den Ranvier'schen Einschnürungen feine sowohl markhaltige wie marklose Aestchen ab (Sachs). Die Verästelung ist eine sehr reiche, da aus der einen oder den wenigen einem Muskel zukommenden Nervenfasern eine sehr grosse Anzahl feinster Nervenendigungen hervorgehen. Die markhaltigen Fasern gehen schliesslich sämmtlich in marklose über, die nur von der Schwann-schen Scheide begleitet, unter vielfachen Theilungen als sehr feine Fäserchen weiter verlaufen, um schliesslich als feinste Fäserchen frei zu endigen. Nach Kölliker begeben sich bei Weitem die meisten Fasern auf die äussere, der Haut zugewandte Fläche des Muskels, um hier in dem den Muskel bedeckenden Bindegewebe zu endigen (speziell vom Brusthautmuskel des Frosches), nur wenige ziehen zur tiefen Fläche und keine verästelt sich zwischen den Muskelfasern. Nach Sachs soll dagegen ein Theil der Fasern im interstitiellen Bindegewebe des Muskels endigen, ein anderer Theil in der Weise an den Muskelfasern selbst, dass feine Fasern an diesen hinziehen, sie theilweise spiralig umgebend, welche eine grosse Anzahl feinster kernloser Endfibrillen abgeben, die, dem Sarkolemm äusserlich aufliegend, rankenartig die Muskelfaser umspinnen. Kölliker erklärt ein solches Verhalten für einen Ausnahmefall.



102

Nervenendigung aus einem Intercostalmuskel des Kaninchens. Vergoldung. Plattengeweih, Sohlenkerne. Querstreifung des Muskels nicht gezeichnet. Copie n. Kühne (10, XXIII).



103

Nervenendigung von der Ratte. Vergoldung, Plattengeweih. Querstreifung des Muskels und Kerne nicht gezeichnet. Copie n. Kühne (10, XXIII).

γ) Die Gefässnerven. Ausser den markhaltigen Nerven finden sich noch marklose Gefässnerven, welche theils schon in Begleitung der Gefässe eintreten, theils vom Nervenstamm zu den Gefässen hinziehen, dieselben netzartig umstrickend (Sachs). Kölliker sah einmal einen Gefässnerven von einer markhaltigen Faser, die ein Ast einer sensiblen war, entspringen, und meint daher, dass ein Theil dieser Nerven wenigstens sensibel sei, wofür auch spreche, dass dieselben häufig an muskelfreien Gefässen vorkommen.

2) Der aus ein- höchstens zweikernigen Zellen bestehende Muskel: Herzmuskel.

Die Muskelzellen des Herzens verbinden sich, wie oben schon beschrieben wurde (vergl. Figur 75), unter einander netzförmig und bilden Bündel, welche wiederum in verschiedenster Weise sich vereinigen und durchflechten, wodurch eine allseitige gleichmässige Contraction ermöglicht wird. In den Maschen des Netzwerks, sowie zwischen den Bündeln befindet sich ebenfalls ein Perimysium, welches in diesem Falle an die nackte Muskelzelle grenzt. Wie bei den Skeletmuskeln verbreiten sich mit dem Bindegewebe Blutgefässe und Lymphgefässe. Die ersteren werden bei vielen niederen Wirbelthieren, z. B. bei dem Frosche, ersetzt durch Bluträume, welche direct von den Herzhöhlen aus in die Muskulatur sich hinein erstrecken: anangische (gefässlose) Herzen.

Was die Nerven anlangt, so sind die Stämmchen derselben mit zahlreichen kleinen Gruppen von Ganglienzellen verknüpft. Wie die marklos gewordenen Fasern in den Muskelzellen endigen, ist noch nicht sicher erkannt. Es scheint, dass die Endigungsweise mehr der an den glatten Muskelzellen entspricht. Es würde dieses wieder dafür sprechen, dass die oben beschriebene Endigungsweise in den Skeletmuskeln als eine Anpassung an die eigenthümlichen Verhältnisse der grossen vielkernigen Zellen aufzufassen ist.

Technische Bemerkungen.

I. Glatte Muskelzellen.

1) Um sich schnell ein Bild von glatten Muskelzellen zu verschaffen, nehme man a) ein Stückchen einer Muskelhaut (Darm, Blase), am einfachsten den Magen eines frisch decapitirten Frosches, schneide das Präparat mit der Scheere in kleine, wenige Millimeter dicke, Stückchen und lege diese in ein Schälchen mit etwa 20 bis 30 cc. einer 33procentigen (sie

kann 31 bis 35% haben) Kalilauge für 15 bis 20 Minuten. Dann zerzupfe man ein solches Stückchen in derselben Kalilauge auf dem Objectträger, und sehe es darin an. Bei Wasserzusatz tritt die Wirkung der verdünnten Kalilauge: Zerstörung der Muskelzellen durch Auflösung ein. Man wird hier eine Menge Zellen isolirt, andere noch theilweise im Zusammenhange finden. Die Zellen werden theilweise geschrumpft sein, ebenso die Kerne. — Will man derartige Zellen färben und aufbewahren, so muss man die in dem Stück enthaltene Kalilauge sehr schnell und gründlich neutralisiren. Zu diesem Zwecke bringe man ein kleines Stückchen des macerirten Gewebes in eine reichliche Menge von 50procentiger (oder etwas schwächerer) Essigsäure und bewege dasselbe in dieser mit einer Nadel hin und her. Nach kurzer Zeit nehme man es heraus, wasche es in mehrfach gewechseltem destillirten Wasser aus, bringe es in Alauncarmin, wasche wieder ab, dann zerzupfe und conservire man in Glycerin oder FARRANT'scher Flüssigkeit. Oft werden derartige Präparate sehr schön, mitunter misslingen sie, da die Neutralisirung nicht schnell genug erfolgt ist. — b) Man lege ebensolche Stückchen in Salpetersäure von 20% für etwa 3 Tage, dann zerschüttele man im Reagensglase mit Wasser. Die Zellen sind hierbei meist stärker geschrumpft als bei der vorigen Methode.

1a) Glatte Muskelzellen mit deutlicher fibrillärer Streifung erhält man (vergl. auch 5b) a) wenn man Stückchen des Froschmagens 24 Stunden in Drittelalkohol macerirt (ENGELMANN 6, XXV), b) wenn man Schnitte durch die Muskulatur des frischen Froschmagens (ev. mit Doppelmesser) in 8 bis 10procentige Lösungen von Chlornatrium, Chlorkalium, Kalisalpeter, schwefelsaurem Natron legt. Die Bilder bleiben etwa 1/2 Stunde und länger scharf (ENGELMANN 6, XXV), c) wenn man kleine Stückchen aus der Muskelschicht der Vena cava eines Rindes für 24 Stunden in 8 bis 10procentige Kochsalzlösung legt, dann in Glycerin zerzupft (ORTH, Histologie).

2) Um die Anordnung der glatten Muskelzellen zu Bündeln zu sehen, nehme man einen Frosch, der schon mehrere Tage gefangen ist, decapitire denselben. Nach Aufschneiden des Bauches findet man die Harnblase gewöhnlich stark gefüllt. Man lege vorsichtig eine Fadenschlinge um und binde ab. Man hänge dann die gefüllte Blase an dem Faden in ein Glas mit Alkohol 96%. Nach kurzer Zeit schneide man die gehärtete Blase auf, lasse die Flüssigkeit herausfliessen und bringe sie dann wieder in Alkolfol. Stücke davon färbe man dann mit Lithioncarmin — Pikrinsäure, oder noch besser Eosin-Methylviolett (Dahlia), oder Eosin-Hämatoxylin. Aufheben in Balsam.

3) Durchflechtung von Bündeln glatter Zellen nach den verschiedensten Richtungen hin zeigen Schnitte vom gehärteten Uterus und gehärteter Säugethierblase. Färbung wie oben.

4) Einzelne distincte Muskelchen aus glatter Muskulatur findet man sehr schön an Schnitten durch behaarte Haut: arrectores pilorum. Ihre sogenannten „elastischen Sehnen" erhält man nach Färbung der elastischen Fasern der betreffenden Schnitte. Um diese Muskeln gut zu sehen, muss man natürlich die Haare nicht nur im Längsschnitte treffen, sondern auch so, dass man in der Neigungsebene des Haares sich befindet.

5) Schichten glatter Muskulatur in rechtwinklig aufeinander stehenden Lagen erhält man:

a) wenn man ein Stück Darm härtet (Alkohol, Müller'sche Fl. oder sonst beliebig) und dann genau entweder parallel zur Längsaxe oder senkrecht zu derselben Schnitte durch die Dicke der Darmwand anfertigt. Man kann, um leichter gute Schnitte zu erhalten, auch in der Submucosa trennen und so nur die Muskelschichten für sich schneiden. Man erhält immer die Fasern einer Schicht im Querschnitte, die der anderen im Längsschnitte, sieht auch hier Anordnung in grössere Bündel und Bindegewebssepta. Färbung ziemlich beliebig, am besten eine Doppelfärbung (Carmin-Pikrinsäure, Hämatoxylin-Pikrinsäure, Eosin-Hämatoxylin etc.);

b) um zugleich Fibrillen im Längs- und Querschnitte sowie die Kannelirung der Muskelzellen zu sehen, fixire man ein Stück Darmwand ganz frisch in Chromosmiumessigsäure und fertige nach Paraffineinbettung ev. mit vorheriger Färbung durch Boraxcarmin, sehr feine Schnitte an (Barfurth).

6) Kerntheilung. Den Darm neugeborener Katzen kann man nach Behandlung mit einer Fixirungsflüssigkeit (Chromosmiumessigsäure, Sublimat, Alkohol absol., Pikrinsäure) sehr schön verwenden, um Kerntheilungen in den glatten Muskelzellen zu sehen. Färbung mit Safranin, Gentianaviolett, Biondi'scher Flüssigkeit, Carmin, Delafield's Hämatoxylin. Schnitte am besten nach Einbettung (Celloidin, Paraffin).

7) Reactionen mit Essigsäure und Kali kann man an Schnitten machen, die man mit dem Skalpelle von getrockneter Darmmuskulatur (auf Kork aufgespannt getrocknet) gewonnen hat. Dieselben kommen zunächst in Wasser.

8) Glattes Muskelgewebe mit injicirten Gefässen studirt man an den betreffenden injicirten Organen (Darm, Blase, Uterus etc.).

9) Zum Studium der Nerven hat man bisher meist Goldchlorid angewendet, doch würde auch Methylenblau zu versuchen sein.

II. Quergestreifte Muskelzellen.

10) Um sich zunächst ein Bild von quergestreiften Muskelzellen zu verschaffen, zerzupfe man einen frischen Muskel in indifferenter Flüssigkeit oder ein Stückchen Rauchfleisch in Wasser.

Um die Fasern der ganzen Länge nach zu sehen, muss man Macerationsmethoden anwenden:

a) Kalilauge. Man lege einen Gastrocnemius des Frosches in 33procentige Kalilauge für 20 Minuten und auch noch länger, zerzupfe vorsichtig in der Lauge. Man erhält so leicht die ganzen Zellen isolirt, erkennt die Menge der Kerne und die Form der Enden. — Unter Umständen gelingt es auch, diese Präparate zu neutralisiren, zu härten und aufzuheben (siehe deshalb Nr. 1).

b) Holzessig. Man lege einen Gastrocnemius vom Frosch in Holzessig (1 zu 2 bis 3 Wasser) für Wochen und Monate. Das Bindegewebe quillt glasig auf und man kann die braunen, gehärteten Fasern gut isoliren. Schöne Querstreifung, deutliche Kerne, Verhältniss des Perimysiums zur Sehne. Ansehen und Aufbewahren ohne Färbung in Glycerin.

c) Salpetersäure — Chlorsaures Kali nach v. WITTICH. Man koche einen Froschmuskel (Gastrocnemius) ganz kurze Zeit (wenige Minuten) in einer Mischung von: Aq. dest. . . 200 cc
Salpetersäure . 1 cc
Chlorsaur. Kali 0,06 g

Abwaschen in Wasser, Ansehen in Glycerin. Die Methode geht schnell und giebt ziemlich gut erhaltene Fasern.

d) Salicylsäure nach FRORIEP. Der Muskel wird einige Tage in 2,5 procentiger alkoholischer Salicylsäurelösung ausgespannt aufbewahrt, dann wird er 2 Stunden in einprocentiger wässeriger Salicylsäurelösung gekocht, und bleibt endlich noch mehrere Tage in einer kaltgesättigten wässerigen Salicylsäurelösung. Die Methode ist sehr gut. Die Fasern werden dabei ausserordentlich fest und widerstandsfähig.

Man kann natürlich auch jeden anderen Muskel auf diese Arten maceriren, der Gastrocnemius des Frosches ist nur sehr bequem.

11) Verästelte Muskelzellen erhält man bei den oben angegebenen Macerirmethoden theils aus den langen Extremitätenmuskeln, theils, und zwar am leichtesten und besten aus der Zunge. Sehr bequem ist da wieder die Froschzunge, die man entweder in kleine Stücke schneidet und mit Kalilauge behandelt (wie oben), oder die man ganz oder halbirt mit der FRORIEP'schen Salicylsäuremethode macerirt, wobei sie auch ganz ausgezeichnete Bilder giebt.

12) Um ein schönes Bild der frischen Faser zu erhalten, zerzupfe man ein Stückchen des noch lebenden Muskels eines Thiers in Eiweiss. Man nehme hierzu entweder ein Stück Muskel von einem schnell getödteten Säugethiere, oder bequemer von einem eben decapitirten Frosche, oder von einem Arthropoden. Man reisse z. B. einer lebenden Fliege ein Bein aus, ziehe schnell den Muskel aus der Schiene heraus und untersuche. Oder man wähle einen Käfer, einen Krebs (Scheerenmuskel). Auch in seinem eigenen Safte ohne jede Zusatzflüssigkeit studire man den Muskel. Man sieht hierbei gut das Querstreifungsbild des frischen Muskels und Contractionen, Contractionswellen desselben.

13) Quellung. Fügt man der indifferenten Flüssigkeit, in welcher frische Muskelfasern sich befinden, Aq. dest. zu, so beginnt eine Quellung einzutreten, die mit der Menge desselben zunimmt. Das Sarkolemma hebt sich hin und wieder ab, die bis dahin kaum sichtbaren Kerne werden deutlicher. Alles tritt stärker ein, wenn man frischen Muskel direct in Aq. dest. zerzupft. — Setzt man dem vorigen Präparate noch ein wenig Essigsäure zu, so wird die Quellung weit stärker, die Kerne und interstitiellen Körnerreihen treten scharf hervor. An den Rissenden quillt der Zellinhalt stark über das Sarkolemma hervor. In ihm sieht man die Kerne liegen.

14) Um Querschnitte der Muskelfasern zu erhalten, auf denen man dann, oft sehr schön, die COHNHEIM'schen Felder und eventuell auch deren Zusammensetzung aus Fibrillen sieht, kann man auf folgende Weise verfahren:

a) Man nehme einen Muskel mit parallel der Axe verlaufenden Fasern, z. B. den M. sartorius des Frosches, stecke ihn an den beiden Sehnenenden auf einer Korkplatte fest und trockne ihn. Man mache dann irgendwo

einen genauen Querschnitt und schneide nun ganz dünne Scheibchen des Muskels (den man am besten auf einem Stücke der Korkplatte kleben bleiben lässt), die man in Wasser legt, in diesem ansieht, oder färbt und weiter behandelt.

b) Man bringe ein noch lebendes passendes Muskelstückchen in Eiweiss auf ein Gefriermikrotom, schneide mit gut gekühltem Messer, so dass das Scheibchen mit dem anhaftenden Eiweiss noch hart auf den Objectträger gelangt und erst auf diesem aufthaut. Es liegt dann das Scheibchen, das sich von selbst in dem aufthauenden Eiweiss ausbreitet, gleich in der gewünschten Lage und Flüssigkeit auf dem Objectträger bereit. Schliesslich kann man unter dem Deckglase das Eiweiss allmählich durch Glycerin (2 Th. auf 1 Th. Wasser) ersetzen, ohne dass eine Schrumpfung des Schnittes eintritt, und diesen so dauernd konserviren (Rollett).

c) Man härte das Muskelstückchen in Alkohol, bette es dann in Celloidin ein. Bei Käfern, bei denen die Weichheit des Chitinpanzers das erlaubt, kann man den Kopf, den Prothorax, die Flügelbrust, ganze Beine so einlegen. Man schneide mit einem Mikrotom und färbe mit Hämatoxylin-Glycerin nach Renaut[1]: man nehme einen Tropfen und bereite mit sehr viel Aq. dest. die ganz schwach violett gefärbte Färbeflüssigkeit. In dieser lasse man die Schnitte etwa 12 Stunden, dann Einlegen und Aufheben in verdünntem Glycerin oder in Xylol-Damar nach Origanumöl (Rollett 11, LI p. 24, 25 und 11, XLIX p. 97). Die Muskelsäulchen und die Kerne sind dann violett gefärbt.

d) Man spanne einen noch lebenden, frei präparirten M. sartorius des Frosches auf einem Korkrahmen auf oder entnehme dem eben getödteten Thier die enthäuteten Schenkel und lege das Präparat in Hermann'sche Lösung[2] für eine oder mehrere Stunden. Dann Auswässern, Alkohol, Einbettung eines Stückes des Sartorius oder sonst eines parallelfaserigen Muskels in Paraffin. Die ungefärbten oder mit Delafield'schem Hämatoxylin gefärbten, sehr dünnen Schnitte zeigen prächtig die Fibrillen, wogegen die Felderung zurücktritt. Am besten vergleicht man daher ein solches Präparat mit einem von einem getrockneten Muskel etc. erhaltenen.

15) Bei der Goldfärbung erhält man am Muskel das positive Bild (Sarkoplasma dunkel, Muskelsäulchen hell) auf folgende Weise: man lege ganz frische Muskelstückchen in eine 0,5 procentige Lösung von Goldchlorid, lasse sie darin 5 bis 10 bis 15 Minuten, während man sie mittels Platinnadeln (feinen Holzstäbchen, Glasstäbchen) etwas auseinanderzieht. Dann hebe man sie heraus, sauge das überflüssige Goldchlorid mit Fliesspapier möglichst vollständig ab und bringe sie in einprocentige Ameisensäure oder Bastian-

---

[1]) Hämatoxylin-Glycerin nach Renaut. Man mache eine gesättigte Lösung von Kalialaun in starkem Glycerin, setze hierzu tropfenweise etwa ein Viertel des Volumens einer concentrirten Lösung von Hämatoxylin in Alkohol. Setzt man zuviel zu, so trübt sich die Flüssigkeit, und man muss wieder Alaun-Glycerin zufügen. Man filtrire und setze die Lösung für einige Wochen dem Lichte und der Luft aus, so lange bis Alkohol durch den Geruch nicht mehr nachweisbar ist. Dann filtrire man wieder; die Lösung ist fertig. (Arch. d. Physiol. norm. et pathol. 1881, p. 640.)

[2]) Von Hermann modificirte Flemming'sche Flüssigkeit: für Säuger: einprocentige Lösung von Platinchlorid 15 Maassth., 2 procentige Lösung von Osmiumsäure 4 Maassth., Eisessig 1 Maassth., für Salamandra: statt 4 nur 2 Maassth. Osmiumsäurelösung.

PRITCHARD'sche Reductionsflüssigkeit[1]. Ist die Reduction eingetreten, so bringe man ein Stückchen in verdünntem Glycerin (Glycerin 2 Th., Aq. dest. 1 Th.) auf den Objectträger. Zerhackt man nun das Muskelstückchen quer zu seinem Faserverlauf fein mit einem scharfen Scalpell, so erhält man immer eine Anzahl brauchbarer Querschnitte. Durch einfaches Zerzupfen des Muskelstückchens erhält man die dazu gehörigen Längsbilder (ROLLETT 1, XXXIII. p. 237).

Negative Goldbilder (Sarkoplasma hell, Muskelsäulchen dunkel) stellt man auf folgende Weise dar: man lege das Muskelstückchen resp. bei Arthropoden das ganze Thier für 24 bis 48 Stunden in Alkohol 93 %, d. h. 93 % des käuflichen absoluten Alkohols, darauf für 24 Stunden in Glycerin, dann kleine Muskelstückchen in die Goldlösung und behandele auch weiter wie oben. Haben die Muskeln längere Zeit in Alkohol oder nach kurzer Alkoholzeit lange Zeit in Glycerin gelegen, so färben sie sich mit Gold intensiver (aber nicht mehr so distinct) und man muss daher das Goldbad abkürzen (5 Minuten). Ueberträgt man von Alkohol direct in Gold, ohne Glycerin, so erhält man Niederschläge (ROLLETT 11, LI p. 65).

16) Querstreifung. Um die Querstreifung zu studiren, untersuche man zunächst den lebenden Muskel in Eiweiss (s. 12). Sodann behandele man Muskeln resp. ganze Arthropoden mit Alkohol 96 %. Nach einigen Tagen zerfallen die Muskeln beim Zerzupfen in Fibrillen. Man kann diese in verdünntem oder reinem Glycerin untersuchen, oder auch sie erst färben (mit DELAFIELD's Hämatoxylin oder RENAUT's Hämatoxylin-Glycerin, von beiden sehr verdünnte Lösungen, 12 bis 24 Stunden), dann untersuchen in Glycerin, FARRANT'scher Flüssigkeit, Oel, Balsam. — Bei den im Alkohol abgestorbenen Muskeln wird man vielfach die verschiedensten Stadien von äusserster Ruhe bis äusserste Contraction finden. — Weitere gute Mittel, um Fibrillen zu erhalten sind: concentrirte wässerige Lösungen von Benzoësäure, Salicylsäure und eine 0,1 procentige Lösung von Chromsäure.

17) Untersuchung im polarisirten Lichte. Ganz stark aufgehellte, ungefärbte, in Balsam liegende Fibrillen eignen sich für die Untersuchung mit dem Polarisationsmikroskope. Um die bekannten Farbenerscheinungen zu bekommen, welche zur Erkennung der feineren Details sehr nützlich sind, kann man gleichzeitig ein Glimmerplättchen als Unterlage für die Muskeln mit einschliessen. Man mache das so, dass man von einer Glimmerplatte Stückchen abschneidet, die der Form der Deckgläser entsprechend, doch kleiner sind als diese. Diese Stückchen koche man in Terpentinöl aus, um die Luft zu verdrängen, tauche sie nach dem Erkalten in Damarlack, bringe sie mit diesem auf den Objectträger. Sodann breite man auf ihnen die gleichfalls durch Terpentinöl aufgehellten Muskelfasern aus, setze Damarlack zu und lege ein Deckglas auf. Um die Fasern vor Druck zu bewahren, kann man auch noch an den Seiten des Glimmerplättchens einige Stücke eines zerbrochenen Deckglases mit einschliessen, damit das Deckglas auf ihnen eine Stütze findet (BRÜCKE 11, XV. p. 71).

---

[1]) Reductionsflüssigkeit nach PRITCHARD ist:

Alkoh. amylic.	1 g
Acid. formicum	1 g
Aq. dest.	98 g

18) Scheibenzerfall durch Alkohol. ROLLETT hat (11. XLIX. p. 89 bis 92) eine grosse Menge von Käferarten angeführt, die er untersucht hat, und aus diesen diejenigen hervorgehoben, die nach 24 bis 48stündigem Einlegen in einen Alkohol von 93 % (Volumprocente eines Alkohols von 0,7951 spec. Gew. bei 12° R. nach dem in Oesterreich eingeführten Alkoholometer. Man nehme einfach Alkohol absol. und setze auf 93 Vol.- 7 Th. Aq. dest. zu), einen Scheibenzerfall erkennen liessen. Ich nenne hier von diesen folgende häufig vorkommende Arten: Aphodius (Dungkäfer) fimetarius L., fossor L., granarius L., iniquatus F., prodromus Brahm., Sphaeridium scarabaeoides L., bipustulatum F., Opatrum (Staubkäfer) sabulosum L., Ontophagus taurus Schreber., fracticornis Preyssl., ovatus L., Cercyon flavipes F., Hister quadrinotatus Scriba, Silpha (Aaskäfer) obscura L., Blaps mortisaga L. Doch findet man natürlich auch bei anderen Arten Scheibenzerfall, ich habe denselben z. B. sehr schön bei Dytiscus gesehen.

Diese Muskeln untersuche man nach 24 bis 48 Stunden oder auch noch während der ersten 12 bis 14 Tage. Will man nur die ungefärbte Faser in verdünntem Glycerin (2:1) ansehen, so untersucht man schon nach 24 bis 48 Stunden, will man mit RENAUT's Hämatoxylin-Glycerin (s. p. 158) färben, so nach 10 bis 12 Tagen (ROLLETT).

19) Säurewirkung. Um die Einwirkung von Säuren auf die quergestreifte Substanz zu untersuchen, verfahre man folgendermaassen:

a) Ganz schwache Säurewirkung. Man nehme zuerst die unter 18 angegebenen Muskeln nach 24stündigem Verweilen in Alkohol, und bringe sie in verdünntem Alkohol unter das Deckglas. Dann setze man an den Rand des Deckgläschens einen Tropfen Glycerin, welchem eine Spur von einprocentiger Ameisensäure zugesetzt ist, lege an die Mitte des gegenüber befindlichen Randes des Deckgläschens ein zungenförmiges Stückchen Fliesspapier und sauge so das saure Glycerin unter das Deckglas. Man muss dabei sehr vorsichtig verfahren, da die Säurewirkung leicht zu stark wird. Geschieht dieses doch, so nehme man Muskeln, die 2 bis 4 Tage in Alkohol und dann in verdünntem Glycerin (2:1) gelegen haben. Die längere Einwirkung des Alkohols hindert die schnelle Einwirkung der Säure, das Glycerin hindert wieder eine zu starke Alkoholwirkung. — Später kann man dann die Säure auch auf frische Muskeln einwirken lassen.

b) Stärkere Säurewirkung: Man nehme wieder die obigen Muskeln nach 24 bis 48 Stunden und ersetze jetzt durch rasches Ansaugen das Glycerin durch einprocentige Ameisensäure. — Später untersuche man auch frische Muskeln. — Ein rascher explosionsartiger Säurezerfall in Scheiben ist namentlich bei kleineren Carabiden zu beobachten: Platynus angusticollis und albipes, Agonum prasinum, Pterostichus transversalis, Brachinus crepitans, Nebria picicornis (ROLLETT).

20) Um den Bau eines ganzen Muskels zu studiren, nehme man am besten einen, der mit Carminleim injicirt ist (Injection von einer genügend grossen Extremitätenarterie oder von der Aorta aus), härte in Alkohol, bette in Celloidin ein, färbe mit Hämatoxylin, hebe in Balsam auf. Man mache Längsschnitte, event. auch mit durch die Sehne, und Querschnitte.

21) Herzmuskel.

a) Um die Zellen zu isoliren, wende man wieder Kalilauge an, wie in 1 (Frosch, Säugethier).

b) Frischen Herzmuskel zerzupfe man in Eiweiss, Jodserum, physiologischer Kochsalzlösung. Setze auch wieder Essigsäure zu.

c) Man lege kleine Stückchen frischen Herzmuskels in eine etwa 0,25 procentige Lösung von Argent. nitric., um die Kittlinien zu versilbern.

d) Man härte ein Herz in Alkohol und mache dann Schnitte, einmal parallel der Faserung, einmal quer zu derselben. Färbung mit Lithioncarmin-Pikrinsäure, Renaut's Hämatoxylin-Glycerin (namentlich für die Querschnittbilder), Delafield's Hämatoxylin. Um gute Querschnittbilder zu erhalten, ist es vortheilhaft, in Celloidin einzubetten. Die Längsschnitte macht man besser ohne Einbettung, da es ganz praktisch ist, sie nachher etwas auseinanderzuziehen, um die spitzwinkligen Maschen besser zu sehen.

22) Die Nervenausbreitung.

a) Um ein Bild der Nervenausbreitung rasch zu gewinnen, behandle man einen kleinen frischen Muskel, Brusthautmuskel des Frosches, Retractor bulbi einer Katze, Stück des mittleren Drittels der Oberschenkelmuskeln einer Eidechse mit der von Kölliker angegebenen sehr verdünnten Essigsäure (auf 100 cc Aq. dest. 8 bis 16 Tropfen Acid. acetic. conc. von 1,045 spec. Gew.). Die Muskeln werden schon nach wenigen Stunden sehr durchsichtig und halten sich tagelang in gutem Zustande (vergl. Figur 96). Man erkennt die Plexus, Theilungen und Nervenendigungen.

b) Man untersuche die erwähnten Muskeln frisch in Jodserum oder Kochsalzlösung, indem man sie darin zerzupft: frische Nervenendigungen.

c) Man versilbere oder vergolde die Muskeln, zu welchem Zwecke die verschiedensten Methoden angegeben sind, die alle mehr oder weniger unsicher sind und unter Umständen ausgezeichnete Bilder liefern.

d) Recht schöne Bilder für Nervenverbreitung und Endigung liefert bisweilen das Methylenblau, welches man dem lebenden Frosch injicirt. Fixirung der gefärbten Theile unter Zutritt der Luft in einer Mischung von einer concentrirten Lösung des pikrinsauren Ammoniaks und Glycerin zu gleichen Theilen oder in Hoyer's Pikrocarmin.

e) Um die sich theilenden Weismann'schen Kernreihenfasern (Muskelknospen) zu sehen, empfiehlt Kölliker sie in dem Brusthautmuskel des Frosches nach Essigsäure aufzusuchen, ferner Vergoldung. Um die Muskelknospen zu finden, folgt man den Ausbreitungen der Nerven. Zur weiteren Erforschung Querschnitte von beliebig erhärteten und gefärbten Muskeln, am besten von solchen, die mit verdünnter Osmiumsäure injicirt worden sind.

FÜNFTES CAPITEL.

Ueber die chemische Zusammensetzung der Muskeln.

Unter den chemischen Produkten, aus denen die Muskelfasern bestehen, finden sich zunächst alle diejenigen Stoffe, welche im zweiten Capitel als primäre Bestandtheile der Zelle bezeichnet sind. Die Muskeln enthalten demnach Eiweiss und Nucleïn, ersteres in grosser, letzteres in verschwindend geringer Menge, daneben auch Hypoxanthin und Xanthin, Lecithin, Cholesterin und anorganische Stoffe: Kalium, Magnesium, Calcium, Eisen und Phosphorsäure. Als secundäre Bestandtheile treten hinzu: Blutfarbstoff, eine keratinähnliche Substanz, welche das Sarkolemm bildet, lösliche Fermente, Kreatin, Kreatinin, Carnin, Guanin, Harnsäure, Harnstoff; Taurin und Glycocoll; Inosinsäure, Protsäure, Glykogen, Dextrin, Zucker, Scyllit, Inosit, Milchsäure und Chlornatrium.

Die Eiweisskörper sind in der lebenden Muskelfaser in einem Zustande vorhanden, welcher der Untersuchung bisher nur wenig zugänglich gewesen ist. Nach dem Tode erfolgen chemische Veränderungen der Eiweisssubstanz, welche mit einer Erstarrung verbunden sind; der hiedurch hervorgerufene Zustand der Muskelfaser heisst „Todtenstarre“.

Die Todtenstarre tritt sowohl bei quergestreiften, als auch bei glatten Muskeln ein; sie kann sich auch in einzelnen Muskelbündeln des lebenden Warmblüters einstellen, sobald die Blutzufuhr zu ihnen abgeschnitten ist. Ihr Eintritt nach dem Tode hängt von gewissen Bedingungen ab; die Starre erfolgt schneller, wenn die Muskeln unmittelbar vor dem Tode thätig waren, oder wenn sie sich im Zustande

der Dehnung oder Belastung befinden, oder wenn die Temperatur erhöht ist. Von dieser spontan eintretenden Starre ist die künstlich hervorgerufene zu unterscheiden. Alle Verhältnisse, welche eine Coagulation oder Ausscheidung von unlöslichem Eiweiss hervorrufen, bedingen auch ein Starrwerden der Muskeln. In dieser Weise wirkt z. B. eine Erwärmung auf 45—47 ^{0}, Injection von Wasser in die Gefässe (durch das Wasser werden Globulinsubstanzen gefällt), oder andere chemische Agentien. Andererseits kann die Starre auch wieder gelöst werden, wenn solche Bedingungen vorhanden sind, welche eine Auflösung oder Zersetzung der ausgeschiedenen Eiweisssubstanz vermitteln. Die Todtenstarre hört deshalb auf, sobald die Fäulniss beginnt, ebenso kann man durch 10procentige Kochsalzlösung den erstarrten Muskel weich machen, oder den Eintritt der Starre ganz verhindern.

Seitdem Berzelius im Jahre 1808 die erste werthvolle Analyse des Ochsenfleisches publicirt hatte, galt die Reaction des Muskels für unbedingt sauer und Berzelius sowie Liebig bemühten sich, die Ursache dieser Acidität aufzuklären, bis E. du Bois-Reymond im Jahre 1859 zeigte, dass die Reaction der lebenden geruhten quergestreiften oder glatten Muskeln neutral oder schwach alkalisch ist. Wenn die Todtenstarre beim quergestreiften Muskel spontan eintritt oder durch Erwärmen auf 40—50 ^{0} oder durch die Einwirkung von Wasser hervorgerufen resp. beschleunigt wird, so nimmt der Inhalt der Sarkolemmschläuche eine saure Reaction an. Wird der Muskel hingegen durch Eintauchen in siedendes Wasser oder durch Alkohol zur Erstarrung gebracht oder wird er in gesättigte Lösungen von Chlornatrium, salpetersaurem Kali, schwefelsaurem Natron und schwefelsaurer Magnesia gelegt, so lange er noch frisch ist, so tritt keine Säurebildung ein. Eine im Muskel durch Todtenstarre erzeugte Säure wird weder durch Siedehitze noch durch Alkohol zum Verschwinden gebracht. Glatte Muskelfasern zeigen diese Säuerung bei der Starre nicht. Sowohl glatte wie quergestreifte Muskeln nehmen in Folge der Thätigkeit saure Reaction an (E. du Bois-Reymond 24).

Die Eiweisskörper der Muskeln.

Die Eiweisskörper bilden die Hauptbestandtheile der Muskelfasern. Es ist gelungen, gewisse Eiweissstoffe den Muskeln zu entziehen, bevor sie die Veränderung erlitten haben, welche beim Eintritt der Todtenstarre vor sich geht. Wenn ein vor Beginn der Starre gefrorener Froschmuskel zerschnitten und sodann zerrieben wird, so

erhält man eine schneeartige Masse, welche bei —3⁰ zu einer syrupösen, trüben Flüssigkeit, dem „Muskelplasma“ aufthaut. Diese Flüssigkeit gerinnt bei Zimmertemperatur sofort unter Abscheidung eines Eiweisskörpers, welcher Myosin heisst. Neben demselben ist eine Flüssigkeit vorhanden („Muskelserum“), letztere enthält einen zweiten Eiweissstoff in gelöstem Zustand. Noch leichter lässt sich dies von Kühne (25, S. 2 u. f.) angegebene Experiment ausführen, wenn man die gefrorenen und zerschnittenen Muskeln mit einer Mischung von Schnee und Salz innig verreibt und die beim vorsichtigen Aufthauen gewonnene Masse filtrirt. Auch dies Filtrat zeigt die beschriebenen Gerinnungserscheinungen. Die Reaction des unverdünnten Muskelplasmas ist anfangs nach erfolgter Myosinausscheidung alkalisch und wird später sauer. Aehnliche Experimente hat man neuerdings auch bei warmblütigen Thieren ausgeführt und verschiedene Forscher sind zu dem Schluss gekommen, dass der Process der Todtenstarre eine Aehnlichkeit besitze mit dem Gerinnungsvorgang, welcher im absterbenden Blute verläuft, insofern beide durch die Wirkung eines Enzyms hervorgerufen werden sollen.

Derjenige Bestandtheil des Muskelplasmas, aus welchem bei der Starre das Myosin hervorgeht, wird von Halliburton (26) als Myosinogen bezeichnet. Das Myosin, welches durch ein Ferment aus Myosinogen gebildet werden soll, kann nach demselben Autor durch die Einwirkung von neutralen Salzen in diesen Körper zurückverwandelt werden.

In todtenstarren quergestreiften Muskeln befinden sich ausser dem Hämoglobin, dem Nucleïn und der Substanz des Sarkolemms nach Kühne (25, S. 8 u. f.) noch vier Eiweisskörper:

1) Das Myosin (Coagp. 55⁰).

2) Eine Eiweisssubstanz, deren Gerinnungspunkt mit zunehmender Acidität sinkt und das Verhalten des Alkalialbuminats zeigt.

3) Ein bei 45—47⁰ gerinnender Eiweisskörper, Muskelalbumin, Musculin auch Paramyosinogen genannt.

4) Das bei 75⁰ gerinnende Serumalbumin.

Nach Halliburton würde als fünfter Eiweissstoff die Myoalbumose hinzukommen, ein Körper, welcher zur Gruppe der Albumosen gehört. Derselbe Forscher leugnet das Vorhandensein von Alkalialbuminat im Muskel und nimmt statt dessen die Existenz eines „Myoglobulins“ (Coagp. 63⁰) an.

Das Myosin wird den Muskeln unverändert entzogen durch Lösungen neutraler Alkalisalze, insbesondere durch 10procentige Koch-

salzlösung oder 10—15procentige Salmiaklösung. In concentrirter Steinsalzlösung, sowie in einer Lösung von schwefelsaurer Magnesia, welche 94 % des krystallwasserhaltigen Salzes enthält, ebenso in Wasser ist Myosin nicht oder nur spurenweise löslich. Durch verdünnte Säuren wird es unter Bildung von Acidalbumin, durch Alkalien oder kohlensaure Salze der Alkalien unter Bildung von Alkalialbuminat aufgelöst. Im Uebrigen zeigt es die im ersten Bande beschriebenen allgemeinen Eiweissreactionen.

Die Menge des Myosins wurde von A. Danilewsky (20, VII, S. 124) in den Muskeln vieler verschiedener Thiere festgestellt und es zeigte sich, dass dieselbe bedeutenden Schwankungen unterliegt, nicht nur bei verschiedenen Thierspecies, sondern auch bei verschiedenen Muskeln desselben Individuums, sie betrug 3 bis 11 Procent des feuchten Gewebes. Auch die glatten Muskelfasern enthalten Myosin.

Das Muskelalbumin ist in Wasser löslich und zeigt die allgemeinen Eigenschaften der Albumine (vgl. Bd. I, S. 261). Es wird durch Erhitzen auf 47 ° coagulirt und wird gefällt dadurch, dass man seine Lösung mit Kochsalz oder mit Magnesiumsulfat sättigt, bis dieselbe 50 Procent des krystallwasserhaltigen Salzes enthält. Aus den Versuchen von Demant (20, III, S. 241) ergiebt sich, dass die Menge des Muskelalbumins nicht viel über 1/2 Procent der frischen Muskeln hinausgeht. Am reichlichsten ist es in denjenigen Muskeln enthalten, welche am meisten arbeiten, es findet sich reichlicher in alten als in jungen Thieren. Es fehlt im Herzen, in den glatten Muskelfasern und in den Muskeln verhungerter Thiere.

Die Menge des Serumalbumins, eines in Wasser löslichen, ebenfalls den Albuminen zugehörigen Eiweissstoffes, wurde von Demant (20, IV, S. 384) in den Schenkelmuskeln von Kaninchen und Hunden zu 1,45 und 1,8 Procent bestimmt.

Wenn man die genannten Eiweissstoffe und das Alkalialbuminat aus den Muskeln ausgezogen hat, so bleibt ausser den Gefässen, Nerven, dem Bindegewebe und dem Sarkolemm noch eine eiweissartige Substanz zurück. Den gesammten Rückstand bezeichnet A. Danilewsky mit dem Namen „Bündelgerüst“. Danilewsky glaubt in dem Verhältniss zwischen der Menge des Myosins und der des Bündelgerüstes eine Beziehung zu der Funktion der Muskeln gefunden zu haben, insofern solche Muskeln, die eine grössere innere Beweglichkeit besitzen, d. h. deren Contractionen und Erschlaffungen schneller auf einander folgen, reicher an Bündelgerüst im Verhältniss zu Myosin sind.

Es ist bisher noch nicht möglich gewesen, die Betheiligung der verschiedenen Eiweisskörper an der Bildung der im vorigen Capitel beschriebenen Schichten zu erkennen. Die typische Doppelbrechung bleibt nach Behandlung der Muskelfasern mit Wasser und dann mit einer Lösung von Kochsalz oder Natriumsulfat noch kurze Zeit bestehen und verschwindet darauf langsam. Da Myosin durch Kochsalzlösung schnell gequellt und gelöst wird, so ergiebt sich, dass das Myosin nicht der Träger der typischen Doppelbrechung sein kann. Man kann auch das Myosin durch fünfprocentige Salmiaklösungen ausziehen, ohne dass die Querstreifung verschwände. Die Einwirkung anderer chemischer Agentien ist schon im vorigen Capitel angeführt.

Die Doppelbrechung der Muskelfasern verschwindet nach Zusatz von Säure und Alkali, hingegen nicht durch Einwirkung des Alkohols. Letztere Thatsache kann nicht befremdlich erscheinen, wenn man erwägt, dass auch die doppelbrechenden Eiweisskrystalle, welche sich in Pflanzen vorfinden, zum Theil sehr widerstandsfähig gegen Alkohol sind.

Das N u c l e ï n, dessen Menge im Muskel des erwachsenen Thieres eine äusserst geringe ist, befindet sich wahrscheinlich in den Muskelkernen. Der embryonale Muskel, dessen Zusammensetzung der einer jungen Zelle näher steht, ist reicher an Nucleïn. Die Substanz der S a r k o l e m m s c h l ä u c h e verhält sich im Allgemeinen wie die Körper der Keratingruppe, wird aber von Pepsin und Trypsin gelöst.

Die Farbe der Muskeln wird hervorgerufen durch B l u t f a r b s t o f f, welcher in den Fasern abgelagert ist. Bei Fischen und niederen Thieren kommen auch andere Farbstoffe vor, zum Theil neben dem Hämoglobin.

In die Gruppe der eiweissähnlichen Stoffe gehören auch die Fermente, deren man mehrere in den Muskeln angenommen hat: das Pepsin; ein diastatisches Ferment; ein Milchsäure bildendes Ferment; ein Ferment, welches die Bildung von Myosin aus Myosinogen, d. h. die Todtenstarre, bewirken soll. Letzteres ist auch von einigen Forschern für identisch mit dem Fibrinferment angesehen worden.

Die Existenz des Pepsins hat man aus der Auflösung der Eiweisskörper bei Gegenwart von Salzsäure geschlossen und es ist das Vorkommen dieses Stoffs in den Muskeln ein Beispiel für die mehrfach beobachtete Erscheinung, dass das Pepsin auch in solchen Organen auftreten kann, in denen es durchaus wirkungslos bleiben muss. — Das diastatische Ferment ist im Stande, Stärke und Glykogen in Dextrin und Maltose überzuführen, seine Wirkung beginnt im glykogen-

haltigen Muskel gleich nach dem Tode. Während die Existenz dieser Diastase völlig sichergestellt ist, muss das Milchsäure bildende Ferment noch als fragwürdig bezeichnet werden, auch über das Fibrinferment sind die Ansichten der Forscher getheilt. Eine eiweissähnliche Substanz ist auch die von Limpricht in den Muskeln von Fischen gefundene „Protsäure".

Entsprechend dem Gehalt der Muskeln an Bindegewebe, Gefässen und Nerven finden sich in ihnen noch andere eiweissähnliche Körper, insbesondere das Collagen. Dieser letztere Stoff ist nicht als Bestandtheil der Muskelfasern zu betrachten.

Die übrigen stickstoffhaltigen Bestandtheile.

Bei der Betrachtung dieser Stoffe drängt sich die Wahrnehmung auf, dass die meisten nur gewissen, mehr oder minder umfangreichen Thierclassen eigenthümlich sind. Als Körper von allgemeiner Verbreitung sind nur zu nennen: das Lecithin, sowie das Hypoxanthin und Xanthin, welche zugleich in chemischer Bindung im Nucleïn der Muskelkerne vorhanden sind. Die Menge des Nucleïns ist aber so gering, dass seine Zersetzungsproducte bei der chemischen Analyse des Fleisches zum Theil gar nicht aufgefunden werden.

Ein grosser Theil der stickstoffhaltigen Bestandtheile des Muskels gehört zu denjenigen Stoffen, die hinsichtlich ihrer Constitution vom Harnstoff abgeleitet werden müssen. Diese sind: 1) das Kreatin und Kreatinin, 2) das Xanthin und Guanin, 3) die Harnsäure, wahrscheinlich sind auch das Hypoxanthin und das Carnin in ihrer chemischen Constitution den eben erwähnten nahe verwandt. Die Constitution dieser Körper wird durch folgende Formeln veranschaulicht.

$$CO\begin{array}{l}\cdot NH_2\\ \cdot NH_2\end{array} \qquad CO\begin{array}{l}\cdot NH_2\\ \cdot N\begin{array}{l}\cdot CH_3\\ \cdot CH_2\cdot COOH\end{array}\end{array} \qquad CO\begin{array}{l}\cdot NH ——\\ \cdot N\begin{array}{l}\cdot CH_3\\ \cdot CH_2\cdot CO\end{array}\end{array}$$

Harnstoff. Kreatin Kreatinin

$$CO\begin{array}{l}\cdot NH\cdot CH\\ \qquad\quad \dot{C}\cdot NH\cdot\\ \cdot NH\cdot \dot{C}:N\ \cdot\end{array}CO \qquad CO\begin{array}{l}\cdot NH\cdot CO\\ \qquad\quad \dot{C}\ \cdot NH\cdot\\ \cdot NH\cdot \dot{C}\ \cdot NH\cdot\end{array}CO$$

Xanthin Harnsäure

Vom Xanthin leitet sich das Guanin ab, indem ein Sauerstoffatom durch die Gruppe NH ersetzt wird. Die Constitution des Hypoxanthins und des Carnins ist noch nicht bekannt.

Der Harnstoff CON_2H_4 selbst findet sich in den Muskeln, wie in den übrigen Geweben der Selachier in grosser Menge. Wie

schon früher erwähnt, ist ausser der geringen Menge des im Nucleïn gebundenen Xanthins $C_5 H_4 N_4 O_2$ und Hypoxanthins $C_5 H_4 N_4 O$, noch eine grössere Quantität dieser Stoffe im freien Zustand in den Muskeln vorhanden, durch Wasser direct extrahirbar. In den Muskeln von Hühnern und Tauben fand ich die Gesammtmenge des Xanthins zu 0,011 bis 0,107 Procent, die des Hypoxanthins zu 0,073 bis 0,129 Procent, in den Muskeln des Menschen 0,048 Procent Hypoxanthin. Das Carnin $C_7 H_8 N_4 O_3$, das Guanin $C_5 H_5 N_5 O$ und die Harnsäure $C_5 H_4 N_4 O_3$ finden sich anscheinend nur in einzelnen Thierspecies, letztere in reichlicher Menge im Fleische der Alligatoren und Krokodile. Das Carnin geht unter der Einwirkung oxydirender Stoffe in Hypoxanthin über, das Guanin zersetzt sich leicht unter Bildung von Xanthin[1]. Das Kreatin ist in den quergestreiften Muskeln sämmtlicher Wirbelthiere vorhanden, sein Vorkommen in den glatten Muskeln ist noch zweifelhaft; es fehlt allen Muskeln der Wirbellosen (Krukenberg, 27). Die Menge dieses Stoffes schwankt nicht nur bei verschiedenen Thierspecies, sondern auch individuell zwischen 0,2 und 0,3 Procent der frischen Muskulatur. Das Kreatinin ist in den Muskeln der Säuger und Vögel noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen worden, in reichlicher Menge findet es sich bei einigen Fischen (Krukenberg, 27).

Neben den Derivaten des Harnstoffs kommen noch zwei Amidosäuren in den Muskeln vor, nämlich das Taurin (Amidoäthylsulfosäure) $\begin{matrix} CH_2 NH_2 \\ CH_2 SO_3 H \end{matrix}$ und das Glycocoll (Amidoessigsäure) $CH_2 NH_2 \cdot COOH$.

Das Taurin ist vereinzelt in den Muskeln der Wirbelthiere gefunden worden, anscheinend in geringen Mengen, bedeutend ist seine Quantität in den Muskeln der Cephalopoden. Das Glycocoll ist bisher nur in dem Schliessmuskel von Pecten nachgewiesen.

Ein Körper von unbekannter Constitution ist die Inosinsäure $C_{10} H_7 N_2 O_{11}$, die in geringer Menge im Fleisch der verschiedensten Wirbelthiere vorkommt.

Der Umstand, dass die genannten Substanzen nur in gewissen Thierklassen vorhanden sind, während sie anderen oft nahe verwandten Species fehlen, zeigt uns, dass die fundamentalen Gestaltverhältnisse des Muskelelements nicht durch sie bedingt werden und dass ihre

---

[1]) Es ist bisher nicht gelungen, Harnsäure in Xanthin oder Hypoxanthin überzuführen, oder Xanthin aus Hypoxanthin zu bilden oder umgekehrt.

Gegenwart keine nothwendige Voraussetzung für den Act der Zusammenziehung des Muskels ist. In dieser Hinsicht unterscheidet sich diese Gruppe scharf von dem Myosin und einigen anderen Muskelstoffen, auch von den jetzt zu besprechenden stickstofffreien Bestandtheilen, die durch alle Thierclassen hindurch eine grössere Constanz zeigen. Wir würden aber fehlgehen, wenn wir die physiologische Bedeutung auch dieser letzteren Bestandtheile ausschliesslich in einer Beziehung zur Muskelcontraction suchen würden, vielmehr haben viele Erfahrungen und besonders die Untersuchungen Miescher's (28) gelehrt, den Muskel als ein Organ zu betrachten, welches auch für die Ernährung des ganzen Körpers thätig ist, dessen Bestandtheile eingeschmolzen und mobil gemacht werden, wenn der Gesammt-Organismus dessen bedarf.

Die stickstofffreien organischen Bestandtheile.

Während das Cholesterin, ein primärer Bestandtheil, keine Betheiligung an den im Muskel sich abspielenden physiologischen oder postmortalen Processen hat erkennen lassen, ist dies bei den Repräsentanten der Kohlehydratgruppe, dem Glykogen, Dextrin und Muskelzucker (wahrscheinlich Maltose und Traubenzucker) leicht nachzuweisen.

Das Glykogen $C_6 H_{10} O_5$ ist durch die Untersuchungen von O. Nasse als constanter Bestandtheil der Muskeln erwiesen, es ist nach seinem physiologischen Verhalten als ein Reservestoff oder Verbrauchsstoff aufzufassen. Seine Menge ist von der Ernährung und der Thätigkeit der Muskeln abhängig, es vermindert sich bei der Muskelarbeit und soll nach dem Tode durch ein oben erwähntes Ferment unter Bildung von Dextrin und Zucker umgewandelt werden. Durch andauernden Hunger kann das Glykogen der Muskeln völlig zum Verschwinden gebracht werden.

Im embryonalen Muskel findet es sich in Form von Körnchen in dichter Anhäufung (Claude Bernard); sobald die Fasern eine deutliche Querstreifung angenommen haben, sind diese Körnchen nicht mehr nachzuweisen, sondern das Glykogen ist nur noch im gelösten Zustande da. Es ist nach den Untersuchungen von Ehrlich (29) nicht in den Fibrillen, sondern in der „interfibrillären Kittsubstanz“ enthalten. Ferner sind die zwischen den Muskelfasern liegenden Bindegewebszellen fähig, das Glykogen aufzuspeichern. Nur glykogenreiche Muskeln zeigen auch in den Fibrillen selber Glykogen (Barfurth 1, XXV, S. 292). In manchen Muskelfasern kann man einige Fibrillen frei von Glykogen finden, andere glykogenhaltig. —

Die in den Muskeln enthaltene Milchsäure ist die Fleischmilchsäure, deren Constitution $CH_3 \cdot CHOH \cdot COOH$ ist und die in ihren Eigenschaften der durch Gährung des Milchzuckers entstehenden Milchsäure (Gährungsmilchsäure) ausserordentlich ähnlich ist. Die Menge derselben schwankt um 0,1 Procent des feuchten Gewebes, sie ist erhöht, wenn die Muskeln thätig gewesen sind, die durch die Muskelthätigkeit gebildete Milchsäure wird durch den Blutstrom rasch fortgeführt.

Der Inosit ist in den Muskeln der Wirbelthiere weit verbreitet. Es wird ferner das Fett als Bestandtheil der Muskeln angeführt, indess ist es noch zweifelhaft, ob dasselbe ein Bestandtheil der Muskelfasern oder der zwischen den Fasern liegenden Elemente zu betrachten ist, da der mikrochemische Nachweis von Fett neben den Lecithinen und den verwandten noch wenig untersuchten Fettsäureverbindungen ausserordentlich grosse Schwierigkeiten hat.

Die anorganischen Bestandtheile.

Unter den anorganischen Bestandtheilen des ruhenden Muskels herrscht das Salz K_2HPO_4 (neutrales phosphorsaures Kali) vor. Dieses Salz reagirt alkalisch; wird im Muskel durch die Entstehung von Milchsäure eine saure Reaction vorwaltend, so erfolgt die Umwandlung von K_2HPO_4 in das stark sauer reagirende Salz KH_2PO_4 (saures phosphorsaures Kali) unter gleichzeitiger Bildung von milchsaurem Kali. Die saure Reaction der Muskeln ist daher abhängig von der Gegenwart von milchsaurem Alkali ($C_3H_5KO_3$) und saurem phosphorsaurem Kali, vielleicht neben überschüssiger freier Säure[1]. Die genannten Salze sind in Wasser löslich, in Alkohol unlöslich, dem entsprechend geht die saure Reaction der Muskeln wohl in Wasser, nicht aber in Alkohol über.

Die folgende, an Rindsmuskeln angestellte Analyse Bunge's (20, IX, S. 60) giebt eine Vorstellung von den Mengenverhältnissen der anorganischen Bestandtheile dieses Gewebes.

In 1000 Gewichtstheilen fettfreien Rindfleisches

K_2O	4,654	Thle.
Na_2O	0,770	„
CaO	0,086	„

[1]) Vgl. Liebig, Chemische Untersuchungen über das Fleisch. Heidelberg 1847. Es ist in einer Lösung, die mehrere Basen und Säuren enthält, nicht möglich, die Bindungsverhältnisse zwischen Basen und Säuren genau zu präcisiren.

MgO	0,412	Thle.
Fe_2O_3	0,057	"
P_2O_5	4,674	"
Cl	0,672	"

Schwefelsaure Salze fehlen in den Muskeln.

Der Wassergehalt der Muskeln beträgt beim Menschen 72 bis 74 Procent, bei den übrigen Säugethieren und den Vögeln 75 bis 78, bei den Fischen ungefähr 80, bei embryonalen Muskeln zum Theil in Folge des Reichthums an Lymphe 90 bis 95 Procent. —

SECHSTES CAPITEL.

Morphologie des Nervengewebes.

Allgemeines.

Das Nervengewebe besteht aus zwei Arten von Gebilden: den Nervenzellen und den Nervenfasern, beide stehen mit einander in unmittelbarstem Zusammenhang, denn die letzteren sind Fortsätze der ersteren. Ausser diesen Elementen werden wir noch zu erwähnen haben: die Endigungen der Nervenfasern und endlich das Stützgewebe des Centralnervensystems.

Die Nervenzelle ist dadurch charakterisirt, dass von ihr wenigstens ein faserartiger, auf eine weitere Strecke verfolgbarer Fortsatz abgeht, eben die Nervenfaser, welche selbst wieder am sichersten als solche daran zu erkennen ist, dass man sie zu einer Zelle hin verfolgen kann. Doch haben die Nervenzellen und Nervenfasern in vielen Fällen, wie wir sehen werden, auch an sich ein charakteristisches Aussehen.

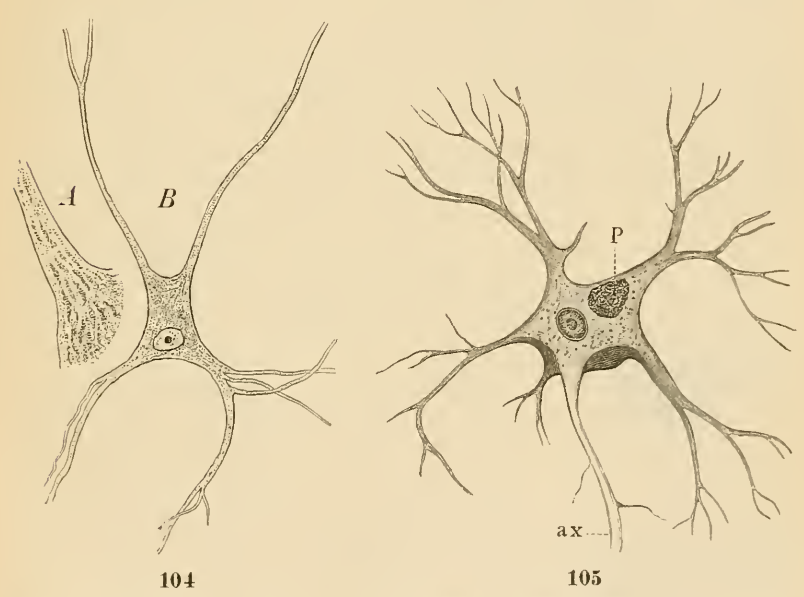
A) Die Nervenzelle.

1) **Allgemeine Beschaffenheit.** Die Nervenzellen, auch Ganglienzellen genannt, da sie vielfach in knotigen Gebilden, den Ganglien, zusammen liegen, sind sehr verschieden an Grösse und Aussehen. Man kann zwei Haupttypen unterscheiden, die in den häufiger zu beobachtenden Formen leicht zu trennen sind, indessen, wie das ja bei Modificationen natürlich ist, ohne scharfe Grenze in einander übergehen. Es sind dieses:

die grösseren, protoplasmareichen, gewöhnlich als „Ganglienzellen“ $\varkappa\alpha\tau^{\prime}$ ἐξοχὴν bezeichneten Zellen
und
die protoplasmaarmen „Körner“.

a) Die protoplasmareichen, einen grösseren Zellleib besitzenden Nervenzellen.

Dieselben sind häufig recht gross und massig, doch kommen auch kleine und zarte Formen vor, in den verschiedensten Abstufungen. Die grössten sind, wenn isolirt, mit blossem Auge deutlich erkennbar (100 μ und darüber), die kleinsten nähern sich den unten zu beschreibenden „Körnern“. Sie sind membranlos und enthalten einen schönen, deutlichen, bläschenförmigen, relativ grossen Kern, sowie ein ebenfalls sehr grosses, glänzendes, deutlich hervortretendes Kernkörperchen (Figuren 104 und 105). Der Zellleib sendet einen oder mehrere



104

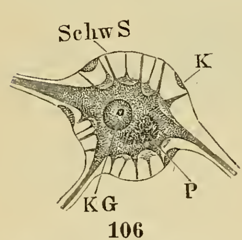
Nervenzelle aus dem Vorderhorn des Rückenmarks des Kalbes, isolirt nach Methylmixtur. *A* ein stärker vergrössertes Anfangsstück eines Protoplasmafortsatzes der Zelle *B*.

105

Nervenzelle aus dem Vorderhorn des Rückenmarks des Menschen, mit geringer Veränderung nach OBERSTEINER. Vergr. 150. ax = Axencylinderfortsatz, P = Pigmentanhäufung. Die nichtbezeichneten Fortsätze sind Protoplasmafortsätze.

Fortsätze aus. Derselbe erscheint im ganz frischen Zustande fast homogen, matt glänzend. An der fixirten Zelle ist der Leib je nach dem Reagens bald mehr homogen, bald mehr körnig und lässt mitunter eine

ziemlich deutlich hervortretende Streifung erkennen, welche ev. auch auf die Fortsätze übergeht (s. auch unten „Fortsätze"). In Figur 104A ist ein Fortsatz mit seinem Ursprunge aus dem Zellleib gezeichnet, an welchem man dieses streifige Gefüge erkennt, wie es nach Einwirkung von MÜLLER'scher Flüssigkeit, Drittelalkohol, Methylmixtur erscheint. Nach Fixirung durch Osmiumsäure ist die Streifung gewöhnlich zarter und dichter. Der Typus des Verlaufes der feinen Streifen im Zellleibe ist je nach der Art der Zelle auch wechselnd, gewöhnlich nach den Fortsätzen hinziehend doch auch oft concentrische Kreise in der Zelle beschreibend. Der Zellleib färbt sich mit manchen Farbstoffen (Ammoniak-Carmin, Nigrosin) sehr intensiv, ähnlich, wenn auch natürlich wegen der geringeren Masse schwächer, die von ihm abgehenden Fortsätze. Das Protoplasma muss reich an Wasser sein, denn es tritt sehr leicht eine bedeutende Schrumpfung ein, wenn man Reagentien einwirken lässt, welche coagulirend und wasserentziehend wirken. In Folge dessen entstehen bei solchen Zellen, die in einem festeren umgebenden Gewebe liegen, oder die von einer Hülle umgeben werden, welche sich bei der Einwirkung des Reagens nur wenig verändert, grössere mit einer Flüssigkeit erfüllte Räume zwischen Zelle und Hülle, welche unter Umständen noch von feinen aus dem Zellprotoplasma hervorgehenden, spitz zulaufenden Fortsätzen durchzogen werden, die sich an die Hülle anlegen; so erhalten die Zellen mitunter ein stacheliges, sternförmiges Aussehen (Figur 106). Es macht den Eindruck, als wenn einzelne kleine Theile der Zellperipherie, welche im frischen Zustande ja der Hülle unmittelbar anlag, an dieser bei Beginn der Schrumpfung haften geblieben sind, worauf der sich mehr und mehr zusammenziehende Zellkörper sich an diesen Stellen in dünne Fäden ausgezogen hat. Wir werden weiter unten bei Besprechung des Baues des Axencylinders der Nervenfaser ein ähnliches Verhalten zu erwähnen haben. Die Schrumpfung wird nur in dem Falle ganz oder fast ganz vermieden, wenn das Reagens sofort und momentan die Zelle fixirt, sodass vorherige Diffusionsvorgänge auf das geringste Maass zurückgeführt werden. — Bei Nervenzellen, welche von nicht mehr ganz jugendlichen Individuen herstammen, findet man fast regelmässig in dem Zellleibe ein mehr oder weniger deutlich körniges gelb-



106

Nervenzelle aus dem Sympathicus des Menschen. Geschrumpft, von der Oberfläche der Zelle geht eine Anzahl von Fäden nach der SCHWANN-schen Scheide hin. Vergr. 388. K = Kern der SCHWANN'schen Scheide (Schw S), K G = Kern der Ganglienzelle, P = Pigmentanhäufung in der Zelle.

bräunliches Pigment in einem verschieden grossen Häufchen abgelagert (vergl. *P* in den Figuren 105, 106, 107, 111).

Der Kern erscheint hell, körnig oder auch von einem mehr oder weniger deutlichen Netzwerk durchsetzt, besitzt eine sehr scharfe Begrenzung und färbt sich mit den gebräuchlichen Kernfärbemitteln nur sehr schwach oder garnicht, er enthält also nur wenig oder gar keine Chromatinsubstanzen (vergl. Capitel VII). Bei den sympathischen Ganglienzellen des Kaninchens ist der Kern häufig in der Zweizahl vorhanden. Das Kernkörperchen färbt sich sehr intensiv.

b) Die protoplasmaarmen Nervenzellen: die nervösen „Körner". Es sind dieses sehr kleine Zellen, deren Leib oft nur als ein feiner Saum den relativ grossen Kern umgiebt. Der Nervenfortsatz ist sehr fein, ebenso sind die Protoplasmafortsätze sehr zart, soweit solche überhaupt vorkommen. Derartige Zellen finden sich in verschiedenen Theilen des Centralnervensystems, meist oder immer gemischt mit Zellen, welche ihnen im Aussehen sehr ähnlich sind, auch als „Körner" bezeichnet werden, aber der Stützsubstanz angehören. Da auch diese oft sehr lange Fortsätze besitzen, so ist es häufig äusserst schwierig, in dem einzelnen Falle zu entscheiden, ob man eine nervöse oder Stützzelle vor sich hat (s. unten „Stützzellen"). In grösserer Menge liegen solche Körner zusammen in der „Körnerschicht" der Kleinhirnrinde.

2) **Die Fortsätze der Zelle.** Eine jede Nervenzelle dient als Ursprungsort für eine, mitunter aber auch zwei oder mehrere, Nervenfasern, welche als Fortsätze direct aus ihrem Zellleibe hervorgehen. Nervenfortsätze (Deiters), Axencylinderfortsätze. Dieselben entspringen häufig mit einem ziemlich breiten, konisch sich verschmälernden Anfangstheil, welcher in eine sehr dünne, stark lichtbrechende Faser übergeht: Hals des Nervenfortsatzes, die indessen sehr bald wieder etwas an Dicke zunimmt, um dann in gleichbleibender Stärke weiter zu verlaufen (Figur 107 *Ax*, vergl. auch Figur 105 *ax*). In anderen Fällen entspringt der Nervenfortsatz indessen auch mehr unvermittelt aus der Zelle und lässt einen dünneren Halstheil kaum unterscheiden (Figur 108, vergl. auch die Figuren 109, 134, 135). Seiner Beschaffenheit nach erscheint er ziemlich stark lichtbrechend, mehr homogen oder auch sehr fein längsstreifig. Wir werden hierauf bei der Besprechung der feineren Structur des Axencylinders noch näher einzugehen haben. Bald nach seinem Ursprung aus der Zelle giebt der Nervenfortsatz häufig einige sehr feine Aestchen ab, welche unter mehr oder weniger spitzem oft

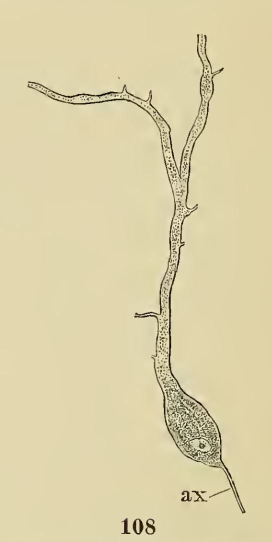
einem rechten sich nähernden Winkel abtreten (s. Figur 105 *ax* und 107 *F*).

Ausser dem Nervenfortsatz besitzen eine Anzahl von Nervenzellen, nämlich diejenigen, welche sich im Gehirn und Rückenmark, also in den Organen des Centralnervensystems, befinden, Fortsätze, die von dem eben beschriebenen total verschieden sind, die Protoplasmafortsätze (DEITERS). Diese Fortsätze treten in sehr verschiedener Anzahl und Stärke aus dem Zellleibe hervor, besitzen dieselbe Structur und dasselbe Aussehen, wie die Substanz dieses (vergl. Figur 104 *A*) und verästeln sich



107

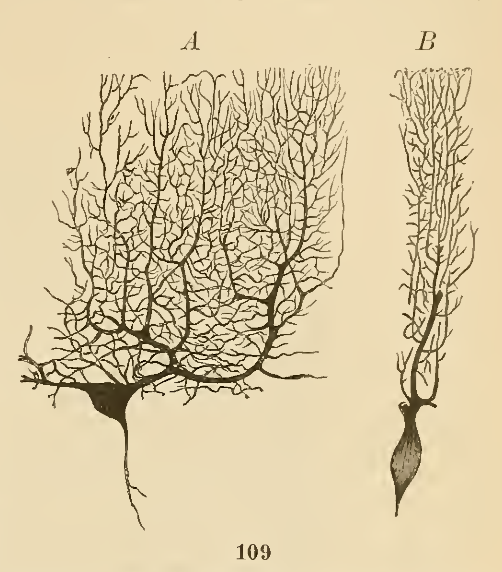
Nervenzelle aus der Grosshirnrinde des Menschen, halbschematisch. Vergr. 200. Theilweise nach OBERSTEINER, die Verästelung des Axencylinders, eingezeichnet nach FLECHSIG. Ax = Axencylinder, F = Fortsatz desselben, der bei * markhaltig wird, P = Pigmentanhäufung. Die nichtbezeichneten Fortsätze sind Protoplasmafortsätze.



108

Stück einer PURKINJE'schen Zelle aus dem Kleinhirn des Kaninchens, isolirt nach Methylmixtur. ax = Axencylinderfortsatz, dem gegenüber der Protoplasmafortsatz abgeht, der sich bald theilt; von ihm und seinen Aesten treten eine Menge feiner Nebenästchen ab, deren Ursprünge angedeutet sind.

dichotomisch mehr oder weniger reichlich, so dass mitunter eine überraschende Menge von feinen Verzweigungen aus ihnen hervorgeht, die sich ev. über grosse Strecken hin ausbreiten und auch zwischen die Fasern der weissen Substanz des Centralnervensystems hineinragen können. (Figur 109 *A, B*, vergl. auch die Figuren 104, 105, 107). Es ist noch eine offene Frage, was aus den feinsten Aesten dieser Fortsätze wird. Man nahm früher an (Gerlach), dass dieselben mit denen benachbarter Zellen anastomosirten und so ein feinstes Nervennetz bildeten, welches dazu diente, Reize von einer Zelle auf die andere zu übertragen und aus welchem auch Nervenfasern ihren Ursprung nehmen sollten. Wirklich gesehen sind diese Dinge indessen niemals. Nach den neuesten, mit verbesserten Methoden angestellten Untersuchungen (Golgi, Ramón y Cajal, Kölliker u. A.) erscheint es wohl als sicher, dass Nervenfasern aus den Protoplasmafortsätzen nicht entspringen, ebenso wird von den genannten Forschern in Abrede gestellt, dass irgend welche Anastomosen, sei es zwischen den Fortsätzen benachbarter Zellen, sei es zwischen denen derselben vorkommen, die Aestchen sollen sämmtlich frei endigen. Auch ich habe bei erneuten Untersuchungen Anastomosen zwischen verschiedenen Zellen bis jetzt niemals gesehen, habe mich dagegen an guten Silberpräparaten und ebenso an Hämatoxylinpräparaten davon überzeugt, dass solche zwischen den Fortsätzen derselben Zelle ziemlich häufig vorkommen. Um ein Bild davon zu erhalten, wie reich die Verästelungen der Protoplasmafortsätze oft sind und wie schwer es daher häufig ist, zu entscheiden, ob die benachbarten Zellen zusammenhängen oder nicht.

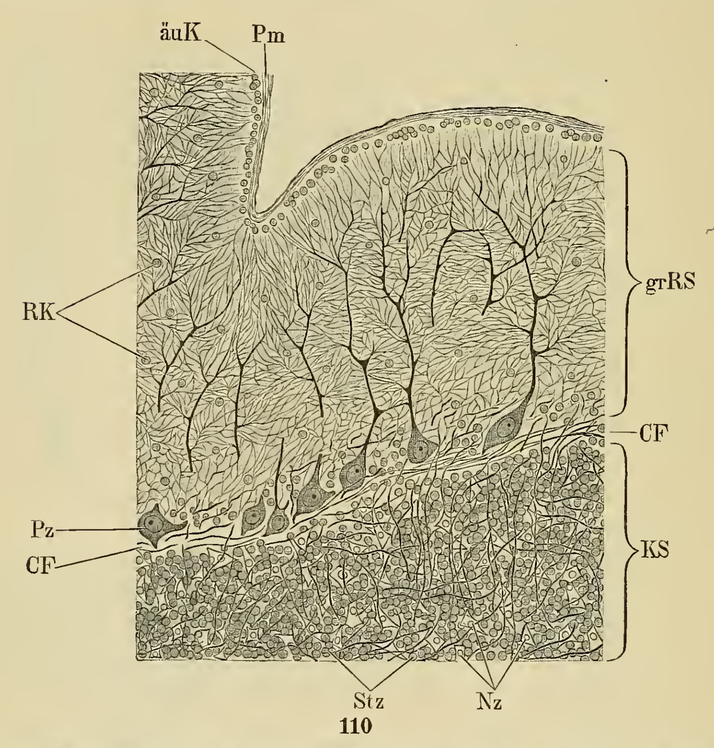


109

A) Der grössere Theil einer Purkinje'schen Zelle aus einem Schnitte senkrecht zur Oberfläche und zur Verlaufsrichtung einer Kleinhirnwindung. *B)* Eine solche Zelle aus einem Schnitte senkrecht zur Oberfläche und parallel mit der Verlaufsrichtung einer Kleinhirnwindung. Sublimatpräparat. Copie nach Obersteiner. Vergr. 120. Nach unten tritt der Nervenfortsatz ab, von dem in *A* ein Aestchen abgeht, nach oben liegt die reiche Verästelung der Protoplasmafortsätze.

betrachte man das in Figur 110 naturgetreu dargestellte Bild der Verästelungen der PURKINJE'schen Zellen in der Rinde des Kleinhirns (gr *RS*).

Entsprechend der Anzahl der von einer Nervenzelle abtretenden Fortsätze unterschied man an derselben eine bestimmte Anzahl von



110

Theil eines Schnittes durch die Rinde des Kleinhirns vom Kalbe. Haematoxylinfärbung. Vergr. 100. äu K = äussere Körner; C F = Commissurfasern; gr R S = granulirte Rindenschicht; K S = Körnerschicht; N z = Nervenzellen der Körnerschicht (nervöse Körner); Pm = Pia mater; P z = PURKINJE'sche Zellen; R K = Rindenkörner; S t z = Stützzellen (Körner). In gr R S die reiche Verästelung der Protoplasmafortsätze der PURKINJE'schen Zellen, welche zum grössten Theile sich durchflechten, theilweise, bei derselben Zelle, auch anastomosiren.

Polen und nannte die Zellen daher unipolare, bipolare, tripolare etc. bis multipolare. Diese Namen hatten indessen nur so lange Werth, als aus den verschiedenen Fortsätzen neue Nervenfasern hervorgehen, resp. durch sie Verbindungen nach verschiedenen Richtungen bedingt sein konnten. Da es nach unseren jetzigen Kenntnissen nicht nur zweifelhaft, sondern direct unwahrscheinlich ist, dass den Protoplasmafortsätzen eine solche Bedeutung zukommt, so würden

jetzt eigentlich nur die Nervenfortsätze bei der Frage nach der Polarität der Zelle in Betracht kommen.

Apolare Zellen, d. h. solche, von denen gar kein Fortsatz abgeht, kommen wohl nur als früheste Entwickelungsstadien vor.

3) **Entwickelung der Zellen und ihrer Fortsätze.** Nach den neueren entwickelungsgeschichtlichen Untersuchungen (His 7, 1889 und 1890) entstehen die centralen Nervenzellen aus bestimmten ektodermalen Zellen der Medullarplatte, den Keimzellen, welche sich schon früh von den anderen, aus welchen die Stützsubstanz zum Theil hervorgeht, differenziren (s. unten „Stützzellen"). Durch einfaches Auswachsen des Zellleibes (bei menschlichen Embryonen zuerst in der 4. Woche) konisch nach einer Richtung hin, bilden sich die Nervenfortsätze. In dieser Zeit nennt His die Zellen Neuroblasten. Der kegelförmige Fortsatz zeigt eine fibrilläre Streifung. Die zu Neuroblasten sich umformenden Keimzellen sind beweglich und können daher nach verschiedenen Gegenden hinwandern. Die Zellen des Centralnervensystems zeigen noch keine Spur von Protoplasmafortsätzen zu einer Zeit, in der ihr Nervenfortsatz schon deutlich zu erkennen ist. Derselbe wächst allmählich, falls er zu einer peripheren Nervenfaser wird, über die Grenze des Gehirns oder Rückenmarks hinaus nach den betreffenden Theilen des Körpers hin, bis er seinen, oft ja sehr weit entfernten, Endpunkt erreicht. Erst später entstehen die Protoplasmafortsätze mit ihren reichen Verästelungen.

Die Zellen der Spinalganglien entstehen ganz ähnlich aus den ektodermalen Zellen der „Ganglienleiste", die sympathischen Zellen leiten sich wahrscheinlich von denen der Spinalganglien ab (vergl. auch unten „Zellen der Spinalganglien" und der „sympathischen Ganglien").

4) **Bedeutung der Zellen und ihrer Fortsätze.** Wie oben schon erwähnt, werden die specifisch differenzirten (s. unten „Structur des Axencylinders") Nervenfortsätze zu Nervenfasern, leiten also von den Zellen ausgehende Reize entweder zu anderen centralen oder peripheren Nervenzellen oder zu sonstigen peripheren Organen, z. B. Muskeln, oder umgekehrt Reize, die auf die Endorgane, z. B. Sinnesorgane, eingewirkt haben, zu den Nervenzellen.

Besitzt die Nervenzelle nur einen oder mehrere nach derselben Richtung laufende Fortsätze, so leiten dieselben einen ihnen von der Zelle mitgetheilten Reiz von dieser fort: cellulifugal (z. B. motorische Zellen) oder zu ihr hin: cellulipetal (z. B. sensorische Zellen) besitzt sie zwei nach entgegengesetzten Richtungen verlaufende Fort-

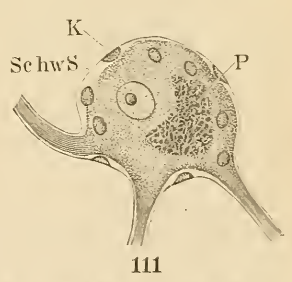
sätze, so leitet der eine cellulipetal, der andere cellulifugal (z. B. Zellen der Spinalganglien). In jedem Falle aber ist der Nervenfortsatz in seiner Ernährung und damit in seinem ganzen Bestehen von der Zelle, d. h. wahrscheinlich von dem Kerne derselben (s. auch unten „Structur des Axencylinders“), abhängig, die ihm den Ursprung giebt, wird er von ihr in irgend einer Weise getrennt, so degenerirt er, und die Regeneration findet stets von dem mit der Zelle noch verbundenen Ende aus statt. Die Nervenzelle ist also das trophische Centrum für die Nervenfaser. Ob es Nervenzellen giebt, die nur die Bedeutung eines solchen haben, wie das z. B. für die der Spinalganglien angenommen worden ist, bei denen der zugeleitete Reiz einfach in der entgegengesetzt verlaufenden Faser weiter geleitet werden soll, ist durchaus zweifelhaft, und scheint mir nicht sehr wahrscheinlich. Die eingeschobene Zelle dürfte wohl stets einen Einfluss auf die zugeleiteten Reize ausüben.

Welche Bedeutung man den Protoplasmafortsätzen zuschreiben soll, ist noch durchaus unklar. Sie sind, wie schon erwähnt, in ihrer Structur dem Zellleibe durchaus gleich, setzen also diesen einfach fort, vergrössern ihn, sind selbst Zellleib. Daraus erklärt es sich leicht, dass unter Umständen der Nervenfortsatz nicht von dem Zellleibe, sondern von einem grösseren Protoplasmafortsatze ausgehen kann. Warum vertheilt sich nun aber die Masse des Zellleibes in feine Fortsätze? Es sind da zwei Gründe denkbar. Einmal ist es sicher, dass ein grosser Zellleib, welcher ev. zu sehr starken, plötzlichen und rasch auf einander folgenden Leistungen bestimmt ist, nur schwer von der Umgebung aus genügend ernährt werden kann, wenn er eine Kugelgestalt oder eine ähnliche besitzt. Wird er dagegen in ein Netz feinerer Fortsätze aufgelöst, so nimmt die Oberfläche im Verhältnisse zum Inhalt bedeutend zu und damit auch die Möglichkeit eines sehr intensiven Stoffwechsels. Wie sehr dieser wünschenswerth ist, zeigen die Beobachtungen von Fritsch an den grossen Ganglienzellen von Lophius piscatorius (1, XXVII), deren kolossaler und solider Zellleib direct von Blutgefässen durchwachsen wird. Eine ernährende Function der Protoplasmafortsätze, welche gewissermassen den Wurzeln eines Baumes entsprächen, hat besonders Golgi betont, welcher auch einen Ansatz der letzten Enden an Gefässe beschrieb. — Ich halte es wenigstens für sehr wahrscheinlich, dass in der eben auseinandergesetzten Weise eine Erleichterung des Stoffwechsels eintritt. Ein zweiter Grund könnte der sein, dass bei der Thätigkeit der Zelle der ganze Zellleib eine andere chemische

oder physikalische Beschaffenheit erhält, welche auf nicht zu weit entfernte Nervenelemente einzuwirken vermöchte, wodurch eine Erregung derselben herbeigeführt würde. Zu einem solchen Zwecke wären weite Verästelungen, die sich mit denen benachbarter Zellen, wenn auch nicht verbinden, so doch durchflechten würden, durchaus praktisch. Die Fähigkeit der Fortleitung eines Reizes brauchten die Protoplasmafortsätze dabei nicht zu besitzen, denn sie sind ja direct Zellleib. Ob eine solche Annahme begründet ist oder nicht, lässt sich indessen zur Zeit durchaus nicht sagen. Im ganzen scheint mir mehr dagegen zu sprechen als dafür. Sicher scheint zu sein, dass Nervenfasern aus den Protoplasmafortsätzen nicht hervorgehen, sondern dass diese frei endigen, und es scheint auch, dass sie mit den Endverästelungen von Axencylindern (s. unten „Nervenendigungen") nichts zu thun haben, sondern dass diese sich direct an den dicken Zellleib oder an die Endverästelung eines anderen Axencylinders anlegen.

5) Accessorische Hüllen der Nervenzelle.

a) Die SCHWANN'sche Scheide, das Neurilemma[1]. Die im Centralnervensystem befindlichen Nervenzellen liegen in der Stützsubstanz desselben eingebettet, wahrscheinlich umgeben von einer schalenförmigen Lymphspalte. Alle peripheren Zellen dagegen sind von einer besonderen bindegewebigen Hülle umgeben, der „SCHWANN-schen Scheide", welche sich auch auf die Nervenfasern fortsetzt (s. diese). Dieselbe stellt eine dünne durchsichtige Haut dar (Figur 111, vergl. auch die Figuren 106, 135, 137), an deren innerer Seite eine oft ziemlich grosse Anzahl von Kernen anliegt, welche aussen mehr platt sind, nach innen mehr oder weniger stark gewölbt vorspringen. Es geht daraus hervor, dass diese Scheide sich aus einzelnen platten Zellen zusammen setzt, deren Grenzen man in der That durch Imprägnation mit Silber nachzuweisen vermocht hat.



111
Nervenzelle aus dem Sympathicus des Menschen, Osmium 1%. Vergr. 388. K = Kern der SCHWANN'schen Scheide (Schw S). P = Pigmentanhäufung in der Zelle.

b) Die Markscheide. Wie wir unten sehen werden, besitzen die Nerven-

---

[1]) Ich werde „Neurilemma" gleichbedeutend mit SCHWANN'scher Scheide für die nächstanliegende bindegewebige Scheide der nervösen Elemente gebrauchen, entsprechend dem „Sarkolemma", mit welchem das Neurilemma ja voraussichtlich auch zusammenhängt.

fasern in vielen Fällen eine specifische Scheide, die Markscheide. In manchen Fällen setzt sich diese auch auf die Nervenzelle fort. Es sind das stets solche periphere Nervenzellen, von denen zwei Axencylinder, welche sich mit Mark umhüllen, ausgehen, so dass die Zelle gewissermassen in eine markhaltige Nervenfaser eingeschaltet liegt. Man hat solche Fälle mehrfach bei Fischen beobachtet. Um die Markscheide liegt dann noch die SCHWANN'sche Scheide.

B) Die Nervenfaser.

Die Nerven- oder Axencylinderfortsätze der Zellen werden zu Nervenfasern, die je nach der jedesmaligen Entfernung zwischen Ursprung und Endigung eine sehr verschiedene und oft sehr bedeutende Länge besitzen, z. B. bei den Nerven der unteren Extremität unter Umständen von dem unteren Theile der Brust- resp. von der Lendenwirbelsäule bis zu den Zehen. Hierbei wird der Nervenfortsatz häufig von einer oder auch zwei Hüllen umgeben und heisst mit diesen zusammen Nervenfaser, während er selbst zu dem Axencylinder (PURKINJE) derselben, (der Axenfaser von KÖLLIKER, dem Primitivbande von REMAK) wird. Die der Nervenfaser eigenthümliche specifische Scheide ist die Markscheide (das Nervenmark), die SCHWANN-sche Scheide, das Neurilemma, ist eine Bindegewebshülle, welche allen peripheren Nervenelementen zukommt.

Wir können demgemäss unterscheiden:

den nackten Axencylinder,
den Axencylinder umgeben von der SCHWANN'schen Scheide,
den Axencylinder umgeben von der Markscheide,
den Axencylinder umgeben von der Markscheide und der SCHWANN'schen Scheide.

1) **Der nackte Axencylinder.** In der ersten Zeit der Entwickelung sind sämmtliche im centralen Nervensystem vorhandene Nervenfasern nackte Axencylinder. Erst allmählich werden bei weitem die meisten derselben, vielleicht alle, von einer Markscheide umgeben. Im ausgebildeten Zustande bleiben von der letzteren nur der Anfang und das Ende der Fasern frei. Was den Anfang anlangt, so beginnt die Markscheide verschieden weit von dem Ursprung aus der Zelle, gewöhnlich indessen in grosser Nähe derselben, bald hinter dem Halse. Betreffs der Endigungen der Fasern im centralen Nervensystem sind unsere Kenntnisse noch unvollkommen, doch scheinen dieselben mark-

los zu werden und als nackte Axencylinder sich zu verästeln (s. auch unten „Nervenendigungen").

Die peripheren Fasern besitzen, wenn sie auch im Beginn der Entwickelung nicht von einer Markscheide umgeben sind, doch schon sehr früh eine bindegewebige Hülle, später werden sie zu einem grossen Theile auch markhaltig, doch bleiben auch dann der Anfang der Faser und das Ende markfrei, das letztere auch frei von einer bindegewebigen Hülle soweit die Endigung nicht im Bindegewebe selbst statt hat. Wir würden hier also nackte, sich verästelnde Axencylinder bei den Endigungen im Epithel (Haut, Sinnesorgane etc.) und in den Muskeln vorfinden.

Häufig zeigen feine nackte Axencylinder eine varicöse Form („varicöse Axencylinder"), ähnlich einem Rosenkranz. Dieselbe ist wahrscheinlich durch Veränderungen des Axoplasmas, sei es durch postmortale Zersetzung, sei es durch Reagentienwirkung zu erklären (vergl. auch weiter unten „Axencylinder").

Bei den niedersten Wirbelthieren, dem Amphioxus, den Cyclostomen, finden sich auch im ausgebildeten Zustande nur marklose Nervenfasern, also im Centralnervensystem nackte Axencylinder, bei den peripheren Nerven umhüllt von der Schwann'schen Scheide. Es entspricht diese Thatsache dem entwickelungsgeschichtlichen Befunde bei den höheren Thieren.

Bei den wirbellosen Thieren finden sich nur marklose Fasern, doch scheinen an manchen Fasern von Arthropoden und Würmern auch Spuren einer Markscheide bereits vorhanden zu sein. (Friedländer 38, IX; Retzius 39, 1888/89).

2) **Der Axencylinder mit Schwann'scher Scheide (Neurilemma).** Wie oben (p. 181) schon erwähnt wurde, ist die Schwann-sche Scheide eine glashelle zarte Membran, an deren innerer Seite Kerne anliegen. Eine Zusammensetzung aus einzelnen Zellen lässt sich bei derjenigen der Nervenfasern nicht mehr nachweisen, doch ist das Vorhandensein der Kerne der sichere Beweis für Entstehung aus Zellen und die Anzahl jener lässt die Menge dieser erkennen. Bei dem starken Wachsthum des Axencylinders muss nothwendig jede einzelne Zelle ungemein stark ausgedehnt worden sein. Die Menge der Kerne ist übrigens stets wechselnd, je nach den Thieren und je nach der Art der Nervenfasern. Am dichtesten liegen, wie oben schon bemerkt wurde (p. 181), naturgemäss die Kerne an der Scheide der Zellen. Häufig besitzen die Kerne des Neurilemms eine sehr langgestreckte Form, und unterscheiden sich durch diese leicht von denen der „Henle'schen" oder „Fibrillenscheide", welche sie nach

aussen umgiebt, resp. von denen der Endo- oder Perineuratscheiden (näheres bei „nervösen Organen").



112

Nervenfaser aus dem N. trigeminus von Petromyzon fluviatilis nach Behandlung mit MÜLLERscher Flüssigkeit zerzupft. Vergr. 388. Ax = Axencylinder; FK=Kern der Fibrillenscheide; F Sch = Fibrillenscheide; Schw = SCHWANN'sche Schw K = Kern der SCHWANN'schen Scheide. Copie nach SCHIEFFERDECKER (1, XXX).

Die hierher gehörigen Nervenfasern zerfallen in zwei Abtheilungen:

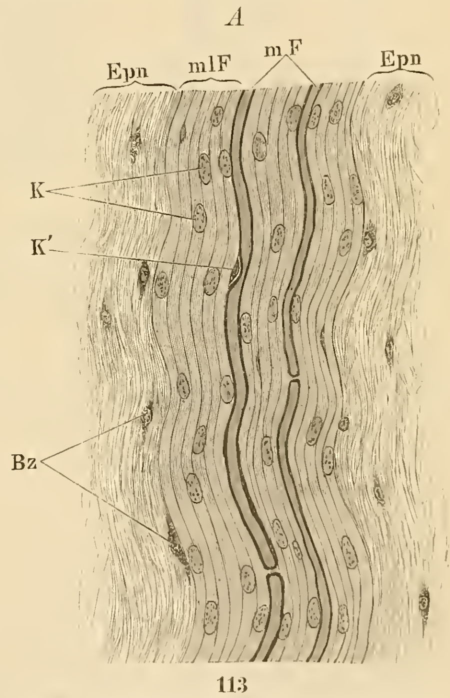
einfache Axencylinder, welche von einer vollständigen SCHWANN'schen Scheide umhüllt werden und:

Bündel von feinen Axencylindern, welche von einer mehr oder weniger vollständigen Scheide umhüllt werden.

a) *Einfache Axencylinder, umgeben von einer vollständigen SCHWANN'schen Scheide. Marklose, graue Nervenfasern.* Der Typus dieser Gruppe ist die periphere Nervenfaser des Neunauges (Figur 112, vergl. auch Figur 129 *C* und *D*). Es gehören dazu die peripheren Nerven des Amphioxus und der Cyclostomen. Bei höheren Thieren sind die peripheren Nervenfasern während der Entwickelung vorübergehend von dieser Beschaffenheit, so lange als die Markscheide derselben noch nicht angelegt ist. Beim erwachsenen Thiere resp. Menschen gehören jene kurze Strecken der peripheren Nervenfasern am Anfange und Ende hieher, an denen dieselben die Markscheide noch nicht besitzen oder dieselbe bereits verloren haben (vergl. motorische und sensible Nervenendigungen der Muskeln, sensible der Sehnen), ferner ein Theil der sympathischen Nervenfasern. Auch mitten im Verlaufe verlieren manchmal die markhaltigen peripheren Nervenfasern ihr Mark auf längere oder kürzere Strecken, wovon man sich an den markhaltigen Fasern im Mesenterium von Frosch, Maus etc. leicht überzeugen kann. Hierher würden ferner jene Fälle gehören, in denen eine motorische Faser kurz vor der Endigung marklos geworden einen solchen Ast abgiebt, der sich wieder mit einer Markscheide umhüllt (s. „Muskelnerven") und vielleicht auch jene, in denen eine sensible Faser durch ein PACINI'sches Körperchen marklos hindurchtritt, wieder eine Markscheide annimmt und dann in einem PACINI'schen Körperchen endigt.

Die aus solchen Fasern bestehenden Nerven erscheinen grau, da sämmtliche Gewebstheile das Licht ziemlich gut durchlassen.

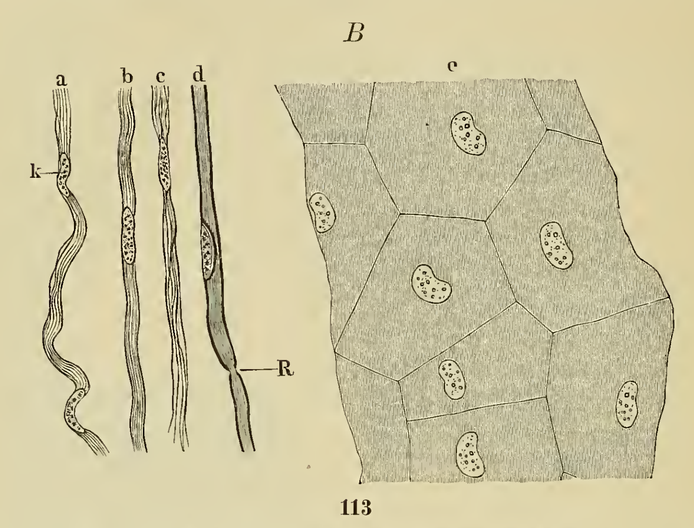
b) *Bündel von feinen Axencylindern umgeben von einer mehr oder weniger vollständigen Schwann'schen Scheide: Marklose, graue, Remak'sche, sympathische Nervenfasern.* Solche Fasern kommen hauptsächlich und in grösseren Mengen dem sympathischen System zu, vielleicht aber auch vereinzelt den Spinalnerven beigemischt. Hierher gehören ferner die Olfactoriusfasern. Charakteristisch ist, dass innerhalb der Scheide nicht ein nackter Axencylinder vorhanden ist, sondern eine mehr oder weniger grosse Anzahl von solchen zu einem Bündel vereinigt sind. Dieselben sind sehr fein, messen z. B. an den durch Hermann'sche Flüssigkeit fixirten Milznerven des Kalbes nur 1 μ im Durchmesser und werden daher wahrscheinlich nur eine Nervenfibrille mit der zugehörigen Axoplasmaschicht enthalten. Sie lassen sich leicht isoliren, da sie durch kein Bindemittel zusammengehalten werden, sind aber in keinem Falle mit einem fibrillenhaltigen Axencylinder zu verwechseln, und werden auch, wenigstens in den Milznerven des Kalbes sowie im Grenzstrange des Kaninchens sicher von keiner vollständigen Schwann'schen Scheide umhüllt. Figur 113 *A* zeigt ein Bündel solcher Fasern, zwischen denen noch zwei markhaltige sich befinden. Die zahlreichen Kerne, welche den Remak'schen Fasern anliegen, gehören den Zellen der unvollständigen Schwann'schen Scheide an.



113

A) Stück aus dem Grenzstrang des N. sympathicus des Menschen, fixirt in Osmiumsäure. In einem Bündel Remak'scher Fasern liegen zwei markhaltige Fasern. aussen Epineuralscheide. Vergr. 388. Bz = Bindegewebszellen; Epn = Epi- resp. Perineurium; K = Neurilemmkerne der Remak'schen Fasern. K' = Neurilemmkern der markhaltigen Faser; mF = markhaltige Nervenfasern mit je einer Ranvier'schen Einschnürung; mlF = marklose, Remak'sche Fasern, auf welchen die Neurilemmkerne theilweise aufliegen, dann breit oval erscheinend oder seitlich anliegen, dann ganz schmal erscheinend

Figur 113 *B* zeigt isolirte derartige Fasern. Bei b sieht man die Axencylinder in normalem parallelem Verlauf, anliegend eine Schwann'sche Zelle, Neurilemmzelle, mit grossem Kern und spitz auslaufendem



113

B) Aus den in Hermann'scher Lösung fixirten Milznerven des Kalbes. a, b, c Stücke von isolirten Remak'schen Fasern mit mehr oder weniger deutlich von einander getrennten Axencylindern, auf welchen Neurilemmzellen mit grossen Kernen (K) aufliegen. Bei d eine markhaltige Nervenfaser mit Ranvier'scher Einschnürung und Neurilemmkern. Bei e ein Stück der Endothelscheide. Vergr. 388.

kleinem Körper, der indessen auf dem Holzschnitte nicht gut hervortritt. Bei c sind die Axencylinder ziemlich stark von einander gezerrt, etwas weniger bei a, in beiden Fällen hat man den Eindruck, als ob die Zellen einen zusammenhaltenden Einfluss auf das Axencylinderbündel ausüben, ähnlich einer kurzen Scheide. In d ist zum Vergleiche der Faserdicke und der Form und Grösse der Kerne eine markhaltige zwischen den Remak'schen befindliche Faser abgebildet. Die Beschaffenheit und Grösse des Kerns stimmt durchaus mit der der anderen überein. Die Bündel feiner Axencylinder entstehen wahrscheinlich durch schnellen Zerfall der von den sympathischen Zellen ausgehenden dicken Fortsätze, die unvollständige Schwann'sche Scheide muss aus der die Zellen umhüllenden vollständigen hervorgehen (vergl. die Figuren 136 und 137). Wahrscheinlich wird die Scheide bei verschiedenen Thieren verschieden vollständig sein, und ebenso an verschiedenen Stellen bei denselben Thieren.

Ranvier behauptet, dass die Remak'schen Fasern des Hundes ein Flechtwerk bilden, indem von den einzelnen Fasern Abzweigungen

abgehen, die sich mit benachbarten Fasern verbinden. Bei den Milznerven des Kalbes und im Grenzstrange des Kaninchens lässt sich ein solches Verhalten nicht nachweisen. Die Fasern, oder besser die Axencylinderbündel isoliren sich sehr leicht auf weite Strecken von einander und es sind übertretende Fasern nicht zu bemerken. Bei der mangelhaften Scheidenbildung wäre es natürlich leicht möglich, dass ein Austausch von Axencylindern zwischen den benachbarten Bündeln statthätte.

3) **Die markhaltige doppeltconturirte, weisse, centrale Nervenfaser** (ohne Schwann'sche Scheide).

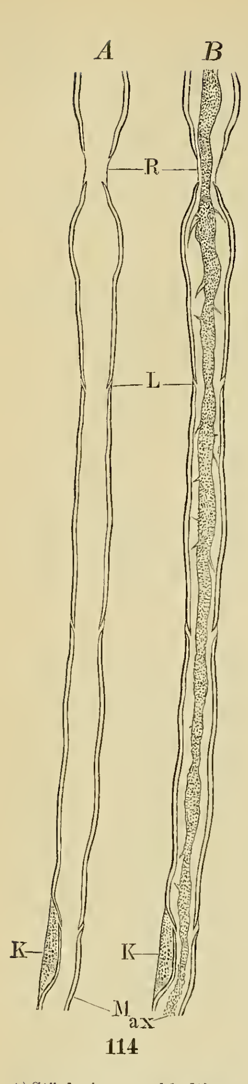
4) **Die entsprechende periphere Nervenfaser mit Schwann-scher Scheide.**

Der Axencylinder wird von einer specifischen Scheide, der Markscheide, umhüllt.

Solche Nervenfasern erscheinen weissglänzend, da das Mark das Licht stark reflectirt und stellen Doppelcylinder dar: der Markmantel bildet ein Rohr, dessen Inneres der Axencylinder einnimmt. Aus diesem Lageverhältniss erklären sich auch die Namen: „Axencylinder" und „Axencylinderfortsatz".

Markscheide und Axencylinder sind ihrer Substanz nach durchaus verschieden und liegen einander nur an ohne irgendwie fester verbunden zu sein. Es folgt daraus, dass sich zwischen beide leicht eine dünne Flüssigkeitsschicht, Lymphe, wird einschieben können, ja sogar wird einschieben müssen, gerade so, wie zwischen die beiden eng aneinander liegenden Blätter einer serösen Membran. Es wird hier also ein äusserst feiner für gewöhnlich nicht sichtbarer Spaltraum existiren, der periaxiale Spaltraum (Schiefferdecker), in welchem Lymphe circuliren kann und der in Folge dessen für die Ernährung des Axencylinders von grosser Bedeutung sein wird.

a) **Die Markscheide.** Die Substanz der Markscheide erscheint an der frischen Faser durchaus homogen und stark lichtbrechend. Die Dicke der Scheide ist bei verschiedenen Fasern sehr verschieden und nimmt während der Entwickelung zu. Das Rohr ist nicht in der ganzen Länge der Faser einheitlich, sondern wird in regelmässiger Weise unterbrochen. Man unterscheidet zwei Arten der Unterbrechung: einmal die Ranvier'schen Schnürringe oder Einschnürungen („Etranglements annulaires") und zweitens die Lantermann'schen Einkerbungen. In Figur 114 erkennt man deutlich die doppelte Contur, welche die Dicke der Markscheide angiebt (*A*, M). Innerhalb derselben liegt der völlig homogen und durchsichtig erscheinende Axen-



A) Stück einer markhaltigen Nervenfaser aus dem N. ischiadicus des Frosches, frisch. *B)* Dasselbe nach längerer Einwirkung von physiologischer Kochsalzlösung. Vergr. 388. ax = Axencylinder; K = Kern der SCHWANN'schen Scheide; L = LANTERMANN'sche Einkerbung; M = Markscheide; R = RANVIER'sche Einschnürung.

cylinder. Der RANVIER'sche Schnürring (*R*) bildet eine breitere Unterbrechung des Marks als die LANTERMANN'schen Einkerbungen (*L*), beide gehen durch die ganze Dicke hindurch, über beide zieht aussen die als eine feine Linie sichtbare SCHWANN'sche Scheide hin, welche bei *K* einen Kern besitzt und der Markscheide sonst so dicht anliegt, dass sie nicht von ihr unterschieden werden kann. Die LANTERMANN'schen Einkerbungen durchbrechen das Mark stets in schräger Richtung, bilden also, je nach der Dicke desselben, mehr oder weniger kurze Trichter. In den Lücken des Markrohrs, welche durch diese beiden Arten der Unterbrechung entstehen, liegt, wie ich nachgewiesen habe, eine Substanz, die ihrer Beschaffenheit nach in beiden Fällen so ähnlich ist, dass man sie mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit als dieselbe ansehen kann. Diese wird bei den Schnürringen in Form von kreisförmigen, ungefähr planparallelen, in der Mitte durchbohrten Scheiben oder kurzen hohlen Cylindern auftreten, Zwischenscheiben, bei den Einkerbungen in Form von zarten Trichtern, Zwischentrichtern. Beide kann man klar hervortreten lassen, wenn man eine Nervenfaser mit einer Mischung von salpetersaurem Silber und Osmiumsäure behandelt (Figur 115). In *A* sieht man deutlich zwei solche Trichter (*L*) und bei *R* eine Zwischenscheibe. In *C* bemerkt man eine Zwischenscheibe im optischen Durchschnitt, in der Mitte durchbrochen von dem Axencylinder. In *B* ist in Folge von Kaliwirkung die Substanz der Zwischentrichter theils stark gequollen, theils gelöst worden, man erkennt deutlich die durch die Einkerbungen getrennten Segmente der Markscheide mit ihren trichterförmigen Enden und bemerkt, dass die Einkerbungen mitunter in entgegengesetzter Richtung verlaufen können.

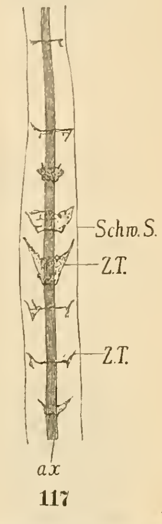
Man vermag die Zwischentrichter auch auf andere Weise deutlich zu machen. Bei Fasern, welche in MÜLLER'scher Flüssigkeit gehärtet worden sind und in deren Markscheide jene weiter unten näher zu besprechende „Aufblätterung" des Marks

115

A) markhaltige Nervenfaser aus dem N. ischiadicus einer 3 Wochen alten Ratte. Behandlung mit Silber-Osmium *B)* markhaltige Nervenfaser aus dem N. ischiadicus des Frosches. Behandlung mit Osmium-Kalilauge. *C)* Stück einer markhaltigen Nervenfaser aus dem N. ischiadicus des Frosches nach Behandlung mit Silber-Osmium-Kalilauge. RANVIER'sche Einschnürung, Zwischenscheibe im optischen Durchschnitt. *D)* Querschnitt einer markhaltigen Nervenfaser aus dem Rückenmark des Frosches nach Fixirung in Osmium. Punktirung d. h. Querschnitte der Fibrillen des Axencylinders, leichte Schrumpfung desselben. Vergr. 388. F Sch = Fibrillenscheide; L = LANTERMANN'sche Einkerbung, resp. Zwischentrichter; M = Markscheide; R = RANVIER'sche Einschnürung, resp. Zwischenscheibe; Sch w = SCHWANN'sche Scheide.

116

Markhaltige Nervenfaser aus einem Längsschnitte vom Rückenmark des Rindes nach Härtung in MÜLLER'scher Flüssigkeit, Alkohol. Aufblätterung des Marks, Zwischentrichter. Vergr. 388. a x = Axencylinder; M = Markscheide.

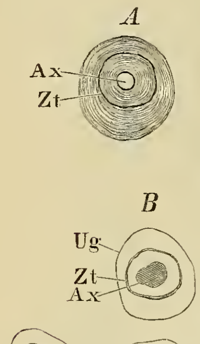


117

Markhaltige Nervenfaser aus dem Nerv. ischiadicus des Hundes. WEIGERT's Hämatoxylin-Blutlaugensalz-Färbung, fast ganz ausgezogen. Zwischentrichter. Vergr. 388. a x = Axencylinder; Schw S = SCHWANN'sche Scheide; Z T = Zwischentrichter. Copie nach SCHIEFFERDECKER (1, XXX).

stattgefunden hat, findet man (Figur 116) eigenthümliche, durch dickere und stärker lichtbrechende Linien ausgezeichnete trichterförmige Figuren, die Zwischentrichter. Noch deutlicher treten dieselben bei solchen Präparaten hervor, die mit WEIGERT'scher Hämatoxylinfärbung behandelt und stark ausgezogen sind (Figur 117). Diesen Bildern entsprechend zeigt der Querschnitt derartiger Fasern eine oder mehrere durch eine dickere und stärker lichtbrechende Linie vor den durch die Aufblätterung entstandenen sehr feinen concentrischen Linien ausgezeich-

nete kreisförmige Figuren, welche in verschieden grosser Entfernung, je nach der Stelle der Faser, die der Schnitt zufällig getroffen hat, den Axencylinder umgeben (Figur 118 *Zt*).



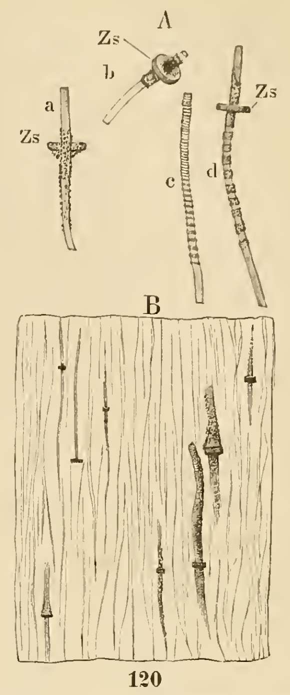
A) Querschnitt einer markhaltigen Nervenfaser aus dem Vorderstrange des Kalbsrückenmarks nach Härtung in MÜLLER'scher Flüssigkeit, Alkohol. Der Schnitt ungefärbt, in Glycerin liegend, gezeichnet. Aufblätterung der Markscheide, Zwischentrichter. *B)* drei Querschnitte von markhaltigen Nervenfasern aus dem Vorderstrange des Kalbsrückenmarks nach Härtung in MÜLLER'scher Flüssigkeit, Alkohol, Färbung mit Nigrosin, der Schnitt ist in Balsam liegend gezeichnet. Zwischentrichter, die Aufblätterung war nur ganz schwach sichtbar und ist hier fortgelassen. Vergr. 700 Ax = Axencylinder; Ug = Umfangscontur der Nervenfaser; Zt = Zwischentrichter.

Behandelt man frische markhaltige Fasern mit einer Lösung von salpetersaurem Silber, so zeigt sich, dass diese sowohl durch die Zwischenscheiben wie durch die Zwischentrichter bis zu dem Axencylinder hin durchtritt. Da die Zwischenscheiben dicker sind und die Entfernung von ihrer Peripherie bis zum Axencylinder weit kürzer ist als bei den Zwischentrichtern, so werden sie am schnellsten und leichtesten von der Silberlösung durchtränkt und später durch das reducirte Silber deutlich werden. Dass das Silber auch die Zwischentrichter durchtränkt und in ihnen sich niederschlägt, haben wir schon in Figur 115 *A* gesehen. Erreicht die Silberlösung durch die Zwischenscheibe den Axencylinder, so breitet sie sich nach beiden Seiten in dem periaxialen Spaltraum verschieden weit aus. Bei der späteren Reduction wird daher sowohl die Zwischenscheibe wie der angrenzende Theil des Axencylinders mehr oder weniger dunkel bräunlich erscheinen. Es resultiren daraus verschieden vollkommene Kreuzfiguren, welche nach ihrem Entdecker als „RANVIER'sche Kreuze" bezeichnet werden (Figur 119). Bald nachdem RANVIER diese Bilder bei peripheren Nervenfasern gefunden hatte, beschrieben TOURNEUX und LE GOFF bei centralen Fasern wenigstens das Hervortreten eines ungefähr einer Scheibe entsprechenden Silberniederschlages. Ich habe dann später (1, XXX) nachgewiesen, dass die Markscheide der centralen Fasern genau dieselbe Structur besitzt, wie die der peripheren. In Figur 120 *B* sieht man



119
Markhaltige Fasern aus dem N. ischiadicus des Frosches nach Behandlung mit 1/4 procentiger Lösung von salpetersaurem Silber. RANVIER'sche Kreuze. Vergr. 130.

an einem Silberpräparat aus dem Rückenmark des Frosches deutlich die dunklen Zwischenscheiben und die mehr oder weniger weit nach einer oder beiden Seiten hin dunkel gefärbten Axencylinder. In Figur 120 *A* sind Präparate aus dem Rückenmark des Ochsen dargestellt, welche so erhalten wurden, dass die versilberten Rückenmarksstückchen erst mit Chloroform behandelt und dann zerzupft wurden. Durch das Chloroform wird die Markscheide so weit gelöst, dass sie leicht von dem Axencylinder abbröckelt, zumal sie durch keine SCHWANN'sche Scheide zusammen gehalten wird. Es bleiben daher übrig der Axencylinder und die Zwischenscheibe, während die feinen Zwischentrichter mit der Markscheide abbröckeln. Figur 120 *A b* zeigt eine Zwischenscheibe, schräg von oben, nach beiden Seiten setzt sich eine körnig aussehende Scheide, welche den Axencylinder umgiebt, eine kurze Strecke weit auf diesen fort. In *A a* ist eine solche Scheibe im optischen Durchschnitt gezeichnet, man erkennt leicht, dass die den Axencylinder umgebende körnige, durch den Silberniederschlag gebildete Scheide auch durch die kurz cylindrische Oeffnung der Zwischenscheibe hindurchzieht, dieselbe liegt in dem periaxialen Spaltraum, welcher sich auch durch die Zwischenscheibe fortsetzt, und ist von mir als Gerinnselscheide beschrieben worden, da sie auf Gerinnung der in dem Spaltraum befindlichen Lymphe (ev. in Verbindung mit Stoffen, welche bei der Gerinnung des Axencylinders aus diesem ausgetreten sind) mit darin liegenden Silberniederschlägen zurückzuführen ist. In *A d* sieht man die Zwischenscheibe von der

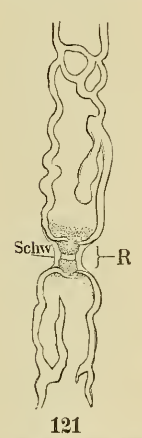


120

A) Stücke von Axencylindern aus dem Rückenmark des Ochsen nach Behandlung mit ¼procentiger Lösung von salpetersaurem Silber, Zerstörung des Marks durch Chloroform, Zerzupfung. Balsampräparat. a Axencylinder mit körnigem Silberniederschlag in der Gerinnselscheide. Zwischenscheibe im optischen Durchschnitt, Anhäufung von Gerinnseln an der unteren Seite der Scheibe; b Zwischenscheibe schräg von oben gesehen, in der Mitte der durchbohrende Axencylinder umgeben von einem kurzen Stück der Gerinnselscheide mit körnigem Silberniederschlag, entsprechend einem RANVIER'schen Kreuz; c Axencylinder mit verschieden breiten FROMMANN'schen Silberlinien in der Gerinnselscheide; d Axencylinder, in der Gerinnselscheide theils breite FROMMANN'sche Linien theils zu beiden Seiten der im Profil gesehenen Zwischenscheibe gleichmässiger körniger Niederschlag. Zs = Zwischenscheibe. *B)* Aus einem Längsschnitte des Rückenmarks des Frosches nach Behandlung mit ¼procentiger Lösung von salpetersaurem Silber. Balsampräparat. Vergr. 388.

Kante und bemerkt, dass nach einem kurzen zusammenhängenden Stück die Gerinnselscheide in Form von Ringen von ziemlich gleichmässiger Breite sich auf den Axencylinder fortsetzt, welcher in den Unterbrechungen zwischen den Ringen in natürlicher Breite hervortritt. Es entsteht so eine Querstreifung, gebildet durch die „Frommann'schen Silberlinien", welche, wie Figur 120 *Ac* erkennen lässt, in ihrer Breite sehr wechseln können. Bei Vergleichung der Figur 119 wird man auch auf dieser an zwei Stellen die Frommann-schen Linien in der Verlängerung der Silberkreuze zu erkennen vermögen. Die Art der Entstehung dieser Linien ist noch nicht sicher bekannt. Man findet sie nur an Stellen, wo die Silberlösung durch Unterbrechungen der Markscheide zum Axencylinder hingetreten ist, niemals an dem abgerissenen oder abgeschnittenen Ende der Fasern oder an Axencylindern, die frei aus der Markscheide hervorragen. Soweit in diesen Fällen überhaupt von einer Gerinnselscheide die Rede ist, erscheint dieselbe nicht unterbrochen und unregelmässig gekörnt. Mitunter liegt auf einer oder auf beiden Seiten der Zwischenscheiben noch eine gewöhnlich sich konisch zuspitzende Anhäufung von Gerinnseln auf (Figur 120 *B* und *Aa*). Ist dieselbe auf beiden Seiten vorhanden, so entsteht eine Form, die an das von Ranvier beschriebene „Renflement biconique" erinnert.

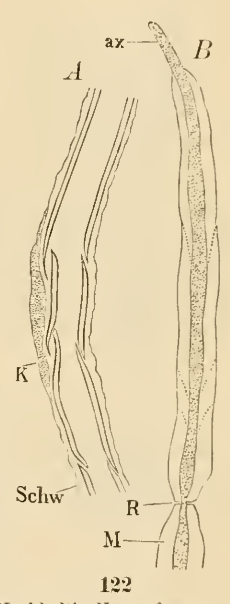
Die Marksubstanz. Die Substanz, welche das Nervenmark bildet, besteht aus einer Mischung von mehreren Stoffen (vergl. d. nächste Capitel) und wird auch als Myelin bezeichnet. Dieselbe ist ungemein leicht veränderlich, eine Eigenschaft, die vielleicht darauf zurückzuführen ist, dass leicht eine Trennung der die Mischung bildenden Substanzen eintritt. Während die Markscheide der lebenden Faser durchaus homogen erscheint, treten sehr bald nach dem Tode, namentlich, wenn die Faser dem Körper entnommen ist, eigenthümliche Formveränderungen auf (Figur 121), welche man auf eine Gerinnung des Myelins zurückgeführt hat, daher der Name „Gerinnungsformen", „Gerinnungserscheinungen". Die Contur der Faser wird unregelmässig buchtig, und es treten eigenthümliche unregelmässige Streifen, Keulen, Netze, Klumpen hervor. Die Einschnürungen



121
Markhaltige Nervenfaser aus dem N. ischiad. des Frosches. Frisch, abgestorben. Myelingerinnung. Vergr. 388. Schw = Schwann'sche Scheide; R = Ranvier'sche Einschnürung.

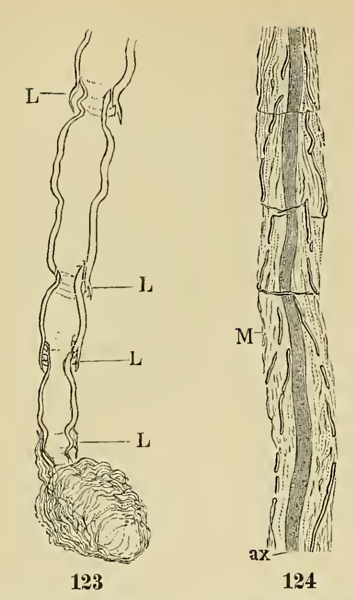
bleiben hierbei noch erkennbar, während man von den Einkerbungen sehr bald nichts mehr sehen kann.

Bringt man frische Fasern in physiologische Kochsalzlösung, so tritt zunächst eine nur unbedeutende Quellung der Markscheide ein, zugleich mit einer deutlicheren Quellung der Zwischentrichter (vergl. 114 *B*). Dann werden die Gerinnungsformen deutlich. Man studirt alle diese Verhältnisse am besten an peripheren Fasern, da bei diesen die Markscheide durch die SCHWANN'sche Scheide zusammengehalten wird und daher bei den stärker auftretenden Veränderungen nicht von dem Axencylinder sich ablösen kann. Verdünnt man die Kochsalzlösung mit Wasser, so wird die Quellung sofort stärker, die Zwischentrichter schwellen ebenfalls noch mehr an und auch die SCHWANN'sche Scheide hebt sich ab, wodurch sie jetzt deutlich erkennbar wird (Figur 122 *A*). Eine ganz andere Art der Quellung zeigt Figur 122 *B* nach Chloroformeinwirkung. Hier ist die Markscheide stark gequollen, während die Zwischentrichter und Zwischenscheiben durchaus keine Quellung erkennen lassen und daher in Folge der durch die Quellung des Marks erlittenen passiven Ausdehnung äusserst zart erscheinen. Geht die Quellung in der verdünnten Kochsalzlösung weiter, so tritt jene eigenthümliche Erscheinung ein, die man als Aufblätterung des Marks bezeichnet (PERTIK 1, XIX). Zuerst wird dieselbe sichtbar, wo die besten Angriffspunkte für die Flüssigkeit vorhanden sind, also an dem freien Ende der Faser und an den Markunterbrechungen. Wie man in Figur 123 sieht, ist das freie Ende der Faser zu einem unförmlichen zwiebelartigen Gebilde umgewandelt worden, während an den Einkerbungen (*L*) eine Anzahl feiner Spitzchen aus den sich zuschärfenden Enden der Segmente hervorgeht, welche, da sie nur der Ausdruck der im optischen Querschnitt gesehenen rings um die Faser herumlaufenden Blätter sind, sich in feine circuläre Linien fortsetzen. Auch jene so vielfach zum Härten von Geweben verwandte Salzlösung, die MÜLLER'sche Flüssigkeit, bewirkt diese Aufblätterung im ganzen Verlauf der Faser.



122

Markhaltige Nervenfasern aus dem N. ischiadic. des Frosches. Vergr. 388. *A)* in verdünnter physiologischer Kochsalzlösung. Anfang der Quellung. *B)* frisch in Chloroform. ax = Axencylinder; K = Kern d. SCHWANN'schen Scheide (Schw); M = Markscheide; R = RANVIER'sche Einschnürung.



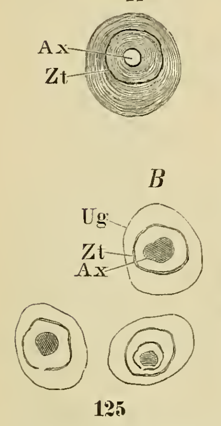
123

Markhaltige Nervenfaser aus dem N. ischiadicus des Frosches. Vergr. 388. Verdünnte physiologische Kochsalzlösung, fortschreitende Quellung des Marks. L = LANTERMANN'sche Einkerbung.

124

Markhaltige Nervenfaser aus einem Längsschnitte vom Rückenmark des Rindes nach Härtung in MÜLLER'scher Flüssigkeit, Alkohol. Aufblätterung des Marks, Zwischentrichter. Vergr. 388. ax = Axencylinder; M = Markscheide.

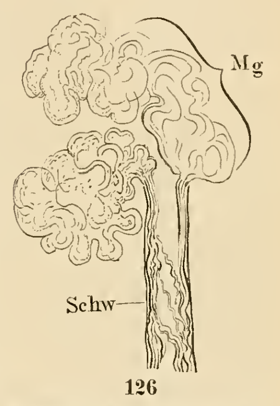
Figur 124 zeigt eine derartig veränderte centrale Faser. Man erkennt in der Markscheide eine Menge von feinen schräg verlaufenden Linien, den Ausdruck der Blätter, zwischen denen durch dickere, stärker lichtbrechende Linien abgezeichnete trichterförmige Figuren sich finden, die Zwischentrichter. Vergleicht man hiermit das in Figur 125 *A* dargestellte Querschnittsbild einer solchen Faser, auf welchem die feinen concentrisch verlaufenden Linien die Blätter, die dickere, ungefähr kreisförmig verlaufende Linie (*Zt*) die Contur des Zwischentrichters angiebt, so wird man sich ein Bild von dem Zustande der Markscheide machen können. Ich habe diese Veränderung genauer besprochen, weil sie zu einer grossen Menge von falschen Ansichten über die Structur der Markscheide Veranlassung gegeben hat und noch giebt. Es gehört hierzu auch die „KUHNT-sche Axencylinderscheide", welche darauf zurückzuführen ist, dass nach Behandlung mit schwächerer Osmiumsäure (unter 0,5 %) ebenfalls leicht Aufblätterung auftritt und dass an solchen so veränderten Fasern bei der Zerzupfung das Mark unter Umständen zum grössten Theile abbröckelt und nur eine innerste sehr dünne Lage noch als Umhüllung des Axencylinders übrig bleibt. Die Aufblätterung nach



125

A) Querschnitt einer markhaltigen Nervenfaser aus dem Vorderstrange des Kalbsrückenmarks nach Härtung in MÜLLER'scher Flüssigkeit, Alkohol. Der Schnitt ungefärbt in Glycerin liegend gezeichnet. Aufblätterung der Markscheide, Zwischentrichter. *B)* drei Querschnitte von markhaltigen Nervenfasern aus dem Vorderstrange des Kalbsrückenmarks nach Härtung in MÜLLER'scher Flüssigkeit, Alkohol, Färbung mit Nigrosin, der Schnitt ist in Balsam liegend gezeichnet. Zwischentrichter, die Aufblätterung war nur ganz schwach sichtbar und ist hier fortgelassen. Vergr. 700. Ax = Axencylinder; Ug = Umfangscontur d. Nervenfaser; Zt = Zwischentrichter.

MÜLLER'scher Flüssigkeit ist dadurch für uns werthvoll geworden, dass bei der bekannten, schönen WEIGERT'schen Färbung mit Hämatoxylin der Farbstoff bei der Differenzirung wahrscheinlich hauptsächlich in den feinen Spalten zwischen den Blättern in Folge der Capillarwirkung haften bleibt, entsprechend den bei der „Absorptionsanalyse" auftretenden Erscheinungen (NASSE, Referat in 40, VII). — Gleichzeitig mit dieser Veränderung tritt an der in verdünnter physiologischer Kochsalzlösung befindlichen Faser eine neue Erscheinung ein: das Mark fliesst an dem freien Ende aus und bildet hier eigenthümliche mäandrische Figuren, die Myelinfiguren, Myelingerinnsel (Figur 126 *Mg*). Mitunter kommt es hierbei vor, dass der ganze Markabschnitt von dem freien Ende bis zur nächsten Zwischenscheibe sich in Bewegung setzt und langsam herausgleitet. Es braucht dabei keine Aufblätterung eingetreten zu sein, gewöhnlich ist nur eine mässige Quellung sichtbar, die Zwischentrichter bleiben in ihrer Lage und gleiten mit der ganzen Markmasse vorwärts. Ist dieser Abschnitt entleert, so dauert es eine kleine Weile bis mit einem ziemlich plötzlichen Beginn die Zwischenscheibe durchbrochen wird und der nächste Markabschnitt herausgleitet.



Freies Ende einer markhaltigen Nervenfaser aus dem N. ischiadicus des Frosches in verdünnter physiologischer Kochsalzlösung (oder auch in Wasser). Ausfliessen des Nervenmarks, Myelinfiguren (Mg). Vergr. 388. Schw = SCHWANN'sche Scheide.

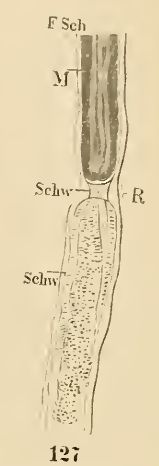
Ist das Mark eine durch Quellung leicht zu verändernde Masse, so zeigt es ebenso starke Veränderungen verschiedener Art bei der Einwirkung von Reagentien. Das beste Mittel, um seine homogene Beschaffenheit und natürliche Form zu bewahren, ist eine ziemlich starke Lösung (0,5 bis 1 $^0/_0$) der Ueberosmiumsäure, falls dieselbe direct auf die Fasern wirken und so eine augenblickliche Abtödtung herbeiführen kann. Durch dieses Reagens werden zugleich zwei in dem Mark befindliche Stoffe, das Kephalin und Lecithin (s. nächstes Capitel) schwarz gefärbt in Folge von Reduction der Osmiumsäure und so erscheint der ganze Markmantel mehr oder weniger intensiv schwarz. Behandelt man zuerst mit Osmiumsäure von 0,5 $^0/_0$ oder weniger und dann mit verdünntem Ammoniak (20 bis 30 Tropfen auf 10 cc Wasser) für einen Tag oder länger, zerzupft dann in Wasser oder Glycerin, so findet man die Markscheide und den Axencylinder in verschieden grosser Ausdehnung zerstört und erkennt deutlich die SCHWANN'sche Scheide (vergl. Figur 127). — Während eine

2 procentige Lösung des doppelt chromsauren Kali, wie oben erwähnt, die Erscheinung der Aufblätterung hervorrief, bewirkt eine solche des doppelt chromsauren Ammoniak eine mehr körnignetzförmige Structur. In einer sehr stark verdünnten Lösung dieses Salzes (1 : 1000 bis 5000) wird das Mark allmählich völlig aufgelöst, und es bleiben nur die geronnenen Axencylinder und die SCHWANN'sche Scheide übrig. Alkohol und Aether lassen ein deutliches aus einer hornartigen Substanz bestehendes Netzwerk hervortreten, das Neurokeratingerüst von EWALD und KÜHNE (s. nächstes Capitel). So ergiebt eigentlich jedes Reagens ein anderes Kunstproduct.

Aufhören der Markscheide. Die Markscheide hört nicht plötzlich auf, sondern schärft sich allmählich konisch zu. An den RANVIER'schen Einschnürungen ist der Kegel gewöhnlich ziemlich kurz, länger zeigt er sich durchschnittlich am Anfange und Ende der Nervenfasern (vergl. die Figuren 135 und 137 *A*). Mitunter werden markhaltige Nervenfasern auch mitten in ihrem Verlaufe auf mehr oder weniger lange Strecken marklos (vergl. p. 184). Der Axencylinder zeigt dann an der marklosen Strecke eine durchaus normale Beschaffenheit. Sehr günstig zur Beobachtung dieses Verhaltens sind die Nerven des Mesenteriums (Frosch, Maus etc.) nach Fixirung durch Osmiumsäure. Hierher gehört auch der nicht so selten vorkommende Fall, dass eine markhaltige Nervenfaser in ein VATER'sches Körperchen (s. unten) übergeht, bei dem Eintritt in dasselbe ihr Mark verliert, an dem anderen Ende des Körperchens wieder austritt, sich mit Mark umhüllt, um dann, gewöhnlich nach kurzem Verlaufe, definitiv in einem zweiten Körperchen zu endigen (z. B. Mesenterium der Katze).

b) **Die SCHWANN'sche Scheide** der markhaltigen Nervenfaser legt sich dem Markrohr tricotartig eng an, so dass sie gewöhnlich nur an den Stellen der Markunterbrechungen als eine feine Linie erkennbar ist (vergl. Figur 114). Sie besitzt in ihrem ganzen Verlauf dieselbe Dicke und ihre auf der inneren Fläche befindlichen sich vorwölbenden Kerne liegen in entsprechenden Vertiefungen der Markscheide, wobei es gleichgültig ist, ob sich an der betreffenden Stelle eine LANTERMANN'sche Einkerbung befindet oder nicht. Bei den Fasern junger Thiere, bei welchen die Markhülle noch wenig entwickelt ist, zeigt die SCHWANN'sche Scheide auch an den Stellen der RANVIER-schen Schnürringe kaum eine Verengerung. Bei zunehmender Dicke der Markscheide wird der Cylinder der SCHWANN'schen Scheide mehr und mehr ausgedehnt und bleibt nur an denjenigen Stellen dünner, wo kein

Mark liegt, d. h. an den Stellen der Zwischenscheiben, welche weniger stark zu wachsen scheinen als die Markhülle. So entsteht im Laufe der Entwickelung ein immer grösserer Unterschied im Durchmesser zwischen diesen Stellen und den übrigen Theilen: dieselben werden daher mehr und mehr den Eindruck einer wirklichen Einschnürung machen, obgleich von einer solchen eigentlich nicht die Rede ist. Zerstört man an einer mit Osmium fixirten Nervenfaser das dem freien Ende zunächst liegende Markstück durch Einwirkung verdünnten Ammoniaks (s. p. 195), so erhält man Bilder wie Figur 127 eins darstellt. Die SCHWANN'sche Scheide ist bis zu der Einschnürung hin nur noch von einigen körnigen Ueberresten der Markscheide erfüllt und erscheint als ein leicht gefalteter Schlauch. An der Stelle der Einschnürung tritt eine plötzliche Verschmälerung ein, welche sich ebenso plötzlich wieder erweitert, um das noch erhalten gebliebene Markstück zu überziehen, von dem sie theilweise etwas abgehoben ist.



127

Stück einer markhaltigen Nervenfaser mit RANVIER-scher Einschnürung aus dem N. ischiadicus des Frosches. Vergr. 388. Nach Behandlung mit 0,5procentiger Lösung der Ueberosmiumsäure und verdünntem Ammoniak. In dem von dem freien (unteren) Ende der Faser bis zu der RANVIER'schen Einschnürung liegenden Abschnitte ist das Nervenmark völlig zerstört, ebenso der Axencylinder, feine Körnchen restiren allein. F Sch = Fibrillen-(HENLE'sche) Scheide; M = Markscheide; R = RANVIER'sche Einschnürung; Schw = SCHWANN'sche Scheide (theilweise der Länge nach gefaltet).

Wie an die Markhülle, so legt sich auch an die Zwischenscheibe die Scheide unmittelbar an (vergl. Figur 115 *C*) ohne indessen augenscheinlich näher mit derselben verbunden zu sein. Bei den Zwischentrichtern findet dasselbe Verhältniss statt.

Zahl der Kerne. Sehr häufig findet man zwischen je zwei RANVIER'schen Einschnürungen nur einen, dann gewöhnlich ungefähr in der Mitte befindlichen Kern der SCHWANN'schen Scheide. Bei Fischen indessen sind mehrere vorhanden (KEY und RETZIUS 5 bis 16 beim Hecht), so dass dieses Verhalten nicht wesentlich sein kann.

Irgend welcher anatomischer Zusammenhang zwischen Markscheide und SCHWANN'scher Scheide existirt nicht.

c) **Der Axencylinder.** Dieser wichtigste Bestandtheil der markhaltigen Nervenfaser zeichnet sich, wie wir oben schon gesehen haben (p. 175), vor den Protoplasmafortsätzen dadurch aus, dass er stärker lichtbrechend, mehr homogen und event. mehr oder weniger deutlich längsstreifig erscheint. Seine feinere Beschaffenheit ist der Gegen-

stand zahlreicher Untersuchungen gewesen und die Meinungen der verschiedenen Autoren sind weit auseinandergegangen und thun das auch noch, da der Gegenstand eben ein sehr schwieriger ist.

Man vermag der Hauptsache nach vier Auffasssungen zu unterscheiden:

1) Der Axencylinder ist structurlos:

a) er ist eine einfache Flüssigkeitssäule (Fleischl),

b) er ist ein mit Flüssigkeit erfüllter Schlauch (Boll).

2) Der Axencylinder besitzt eine Structur:

a) in einer mehr körnigen oder mehr homogenen Grundmasse liegt eine Anzahl sehr feiner Fäden, die Fibrillen: Axencylinderfibrillen, Primitivfibrillen, welche die wesentliche substanzielle Grundlage für die Nervenleitung darstellen. In ihnen geschieht die Leitung, bei den Theilungen der Nerven würden sie in den Zweigbahnen sich vertheilen. In den Nervenzellen würden sie, untermischt mit einer grösseren Menge der körnigen interfibrillären Substanz, von einem Fortsatze zum anderen hindurchziehen (von Manchen nicht angenommen und unwahrscheinlich), so dass die Zellen gewissermaassen nur Verdickungen der Nervenbahn sein würden, die für die Ernährung von besonderer Bedeutung sind. Der Urheber dieser Anschauung ist M. Schultze (32), wenn auch Remak schon vor ihm auf die feine Parallelstreifung des Axencylinders, den er für hohl hielt, daher „Axenschlauch", aufmerksam machte (31).

Ueber die Beschaffenheit der interfibrillären Substanz sind seitdem verschiedene Ansichten geäussert worden. H. Schultze (7, 1878 und 1, XVI) nimmt für dieselbe eine zähflüssige Consistenz in Anspruch, die interfibrillären Körner seien der Ausdruck einer Gerinnung in Folge von Einwirkung der Reagentien. Kupffer (33, XIII. 1883) fasst sie als eine Flüssigkeit auf und nennt sie „Nervenserum", in der die „Nervenfibrillen" flottiren. Kölliker (Handb. 6. Aufl.) lässt die „Axenfibrillen" durch eine weiche, in geringer Menge vorhandene Zwischensubstanz, das „Neuroplasma", getrennt sein, in welchem nach Reagentien, z. B. Osmium, feine Körnchen auftreten können.

b) auch im Axencylinder findet sich wie in der Zelle Spongioplasma und Hyaloplasma. Im Axencylinder ordnen sich diese beiden Substanzen so an, dass das Spongioplasma lange der Axe parallele Röhrchen von grosser Feinheit bildet, welche mit Hyaloplasma erfüllt sind. Die Röhrchen sind nicht isolirbar wie die Fibrillen, da das Spongioplasma ja ein zusammenhängendes Schwammwerk bildet, welches als Stützsubstanz aufzufassen ist gegenüber dem den Röhreninhalt

bildenden Hyaloplasma, welches das eigentlich Wesentliche darstellt, dem die Nervenleitung obliegt. In der Mitte vieler Axencylinder namentlich von Evertebraten, findet sich ein festerer Strang, da die Spongioplasmahüllen hier dicker sind. Die Pünktchen auf dem Querschnitt des Axencylinders (nach der vorigen Theorie der Ausdruck der Fibrillen) sind der Ausdruck der Knotenpunkte des Spongioplasmanetzes, die Längsstreifung auf dem Längsschnitte entsteht durch die der Länge nach getroffenen Scheidewände der Spongioplasmaröhren. Diese Theorie ist am besten ausgeführt von NANSEN (34). Aehnlich ist die von LEYDIG (35), welcher die sonst als Fibrillen angesprochenen Bildungen dem aus dem Spongioplasma entstandenen Gerüst zurechnet, während die interfibrilläre Substanz die eigentliche Nervenmaterie und die Fortsetzung des Hyaloplasmas der Zelle sei. Wie man sieht, sind hier die Hyaloplasmazüge in den Spongioplasmaröhrchen resp. dem Schwammwerk functionell die Fibrillen der vorigen Theorie, nur dass sie aus der weicheren Substanz bestehen und sich nicht isoliren lassen. Diese Theorieen sind hauptsächlich nach Untersuchungen an Evertebraten und an Wirbelthieren mit marklosen Nerven aufgestellt worden.

Nach KÖLLIKER (Handb. 6. Aufl.) würde der Inhalt der NANSEN-schen Röhrchen direct den Fibrillen der höheren Thiere entsprechen und die dieselben umgebende Substanz, die nur durch Reagentien deutlicher hervortritt, seinem Neuroplasma. Um einigermaassen die weiche Beschaffenheit des NANSEN'schen Röhreninhalts auszudrücken, nennt er diesen Bestandtheil „Axenfäden", „die man sich wie Fäden, die Honig zieht, denken mag", und seine Röhrchenwände „Neuroplasma". Wie ich weiter unten auseinandersetzen werde, kann ich mit dieser Auffassung nicht einverstanden sein.

Was meine Ansicht von dem Bau des Axencylinders anlangt, so schliesse ich mich im Wesentlichen der Fibrillentheorie an. Vor wenigen Jahren kam ich (1, XXX) zu dem Schlusse, dass der Axencylinder aus einem sehr weichen, wohl tropfbarflüssigen, sehr wasserreichen Protoplasma bestände mit einer sehr zarten, festeren Rindenschicht, die sich nicht als isolirte Hülle darstellen liesse. Fibrillen konnte ich mit Sicherheit nicht nachweisen und hielt die Existenz derselben daher für unwahrscheinlich. Jetzt habe ich mich bei neuen Untersuchungen von der Existenz der Fibrillen überzeugt, und habe weiter gesehen, dass die sonst noch vorhandene Substanz ganz meinen früheren Anschauungen entsprach, dass sie aber nicht tropfbarflüssig ist. Der Axencylinder scheint mir also jetzt folgendermaassen be-

schaffen zu sein: Eine Anzahl sehr feiner Fäserchen, die „Nervenfibrillen", sind eingelagert in eine helldurchsichtige, völlig homogen erscheinende, sehr weiche und wasserreiche Grundsubstanz, das „Axoplasma", welches nach Aussen begrenzt wird durch eine sehr dünne, festere Schicht, die „Rinde" des Axencylinders.

Wie man sieht, entspricht dieser Aufbau, wenigstens, was Fibrillen und Grundsubstanz anlangt, einigermaassen dem der glatten Muskelzellen mit ihren Fibrillen und ihrem Sarkoplasma.

Die Eigenschaften der einzelnen Theile sind folgende:

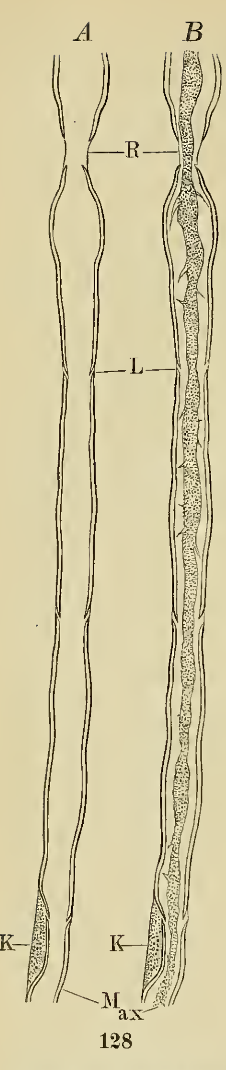
Axoplasma[1]. Man studirt dasselbe am besten beim Neunauge (ev. auch bei Evertebraten z. B. Krebs), doch sind auch Fasern von Frosch und Ochse zu verwenden. Dasselbe ist (Neunauge) im frischen überlebenden Zustande durchaus homogen, farblos und so durchsichtig, dass man die feinen Fibrillen leicht erkennt. Sein Lichtbrechungsvermögen ist ziemlich stark, je nach den Thieren dem der Fibrillen mehr oder weniger nahestehend, aber schwächer als dasjenige dieser. Von seiner Consistenz ist es nicht leicht, eine klare Vorstellung zu gewinnen: es ist so weich, dass die sonst grade verlaufenden zarten Fibrillen bei Entspannung einen leicht- oder event. auch steilwelligen Verlauf anzunehmen vermögen und dass man durch Druck auf das Deckglas im günstigen Falle diese Wellen abwechselnd mehr strecken und beim Nachlassen des Drucks wieder steiler werden sehen kann, es macht hierbei den Eindruck einer Flüssigkeit. Untersucht man beim Neunauge die durch Schnitt entstandenen freien Enden des Präparats, so findet man am lebend frischen Nerven stets eine durchaus ebene Fläche (vergl. Figur 129 *F*); das Axoplasma hat also in sich Halt genug, um seine Form zu bewahren, entspricht daher hierin durchaus dem Plasma der Zelle. Erst wenn die Nervenfaser abzusterben beginnt, was an dem Schnittende immer zuerst eintritt, wird die Substanz zähflüssig und tritt langsam aus (vergl. Figur 129 *E*). Das Axoplasma ist also weder eine Flüssigkeit, ein „Nervenserum"

---

[1]) Ich wähle diesen Namen lieber als „Neuroplasma", da das Axoplasma entsprechend der Differenzirung der Fibrillen doch wahrscheinlich etwas verschieden sein wird von dem Protoplasma der Nervenzellen, welches durch „Neuroplasma" doch mitbezeichnet werden würde. Ich will hier auch gleich hervorheben, dass ich das Axoplasma nicht ohne Weiteres dem Hyaloplasma der Ganglienzelle gleichwerthig erachten möchte, sondern zunächst es als Fortsetzung des Protoplasmas derselben auffasse.

(Kupffer), noch eine zähflüssige Substanz (Hans Schultze), lässt sich überhaupt in seiner Consistenz wahrscheinlich keiner todten Substanz direct vergleichen (am meisten würde noch eine Gallerte ähneln), sondern ist nur als lebende, dem Zellplasma entsprechende Substanz zu verstehen. Ob es eine, im frischen Zustande uns unsichtbare, Structur besitzt, ist schwer zu sagen, wenn auch a priori wahrscheinlich wegen seiner Beziehung zu dem Zellplasma. Es spricht dafür die sehr merkwürdige Beobachtung, welche ich gemacht habe, dass in frischen Neunaugennerven bei Einwirkung von Essigsäure einer ganz bestimmten (recht schwachen) Concentration plötzlich im ganzen Axoplasma, soweit dieses nicht durch die veränderten Fibrillen in Mitleidenschaft gezogen ist, eine äusserst scharf hervortretende, der Axe parallele feine Streifung erscheint. Würde man die Nervenfaser in diesem Zustande zu Gesicht bekommen, ohne sie vorher zu kennen, so würde man zweifellos erstaunt sein über die so schön hervortretenden Fibrillen. Doch haben diese Streifen, wie man an den dicken Neunaugenfasern leicht nachweisen kann, mit den Fibrillen durchaus nichts zu thun (sie sind übrigens etwas dicker als diese) und das ganze Bild verschwindet wie durch Zauber, wenn man die Concentration der Essigsäure nur ein wenig steigert: das Axoplasma wird dann momentan wieder völlig homogen. Es wäre nicht undenkbar, dass die bei Froschnerven nach Eisessig beobachtete so sehr deutliche Fibrillenstreifung auf diesen Vorgang zurückzuführen wäre.

Irgendwelchen Reagentien gegenüber ist das Axoplasma äusserst empfindlich, am besten wird es fixirt, wenn es im lebenden Zustande in unmittelbare Berührung mit Osmiumsäure von 0,5 % oder Hermann'scher Flüssigkeit gebracht wird, doch treten auch hierbei schon leichte Veränderungen (Trübungen, Andeutungen von Netzbildung) auf. Die nach Pikrinsäurehärtung beobachteten Netze Nansen's sind wahrscheinlich auf solche Veränderungen zurückzuführen. Bei Zusatz von Wasser tritt Vacuolenbildung ein (Neunauge, Frosch), bei Zusatz von schwacher Essigsäure wird diese stärker, bis schliesslich eine Auflösung und Zerstörung bewirkt wird. In physiologischer Kochsalzlösung zeigt sich bei markhaltigen Nerven eine durch Wasseraustritt bedingte Schrumpfung, es entsteht die „Federseelenform" (Boll 15, 1877, anat. Abthlg.), wie Figur 128 *B* sie darstellt. Bei dieser treten von dem schmäler gewordenen Axencylinder feine, sich zuspitzende Fortsätze ab, welche nach der Markscheide herüberziehen, ganz ähnlich jenen feinen Fortsätzen, die geschrumpfte sympathische Ganglienzellen erkennen liessen (vergl. Figur 106). Es spricht diese Ueber-



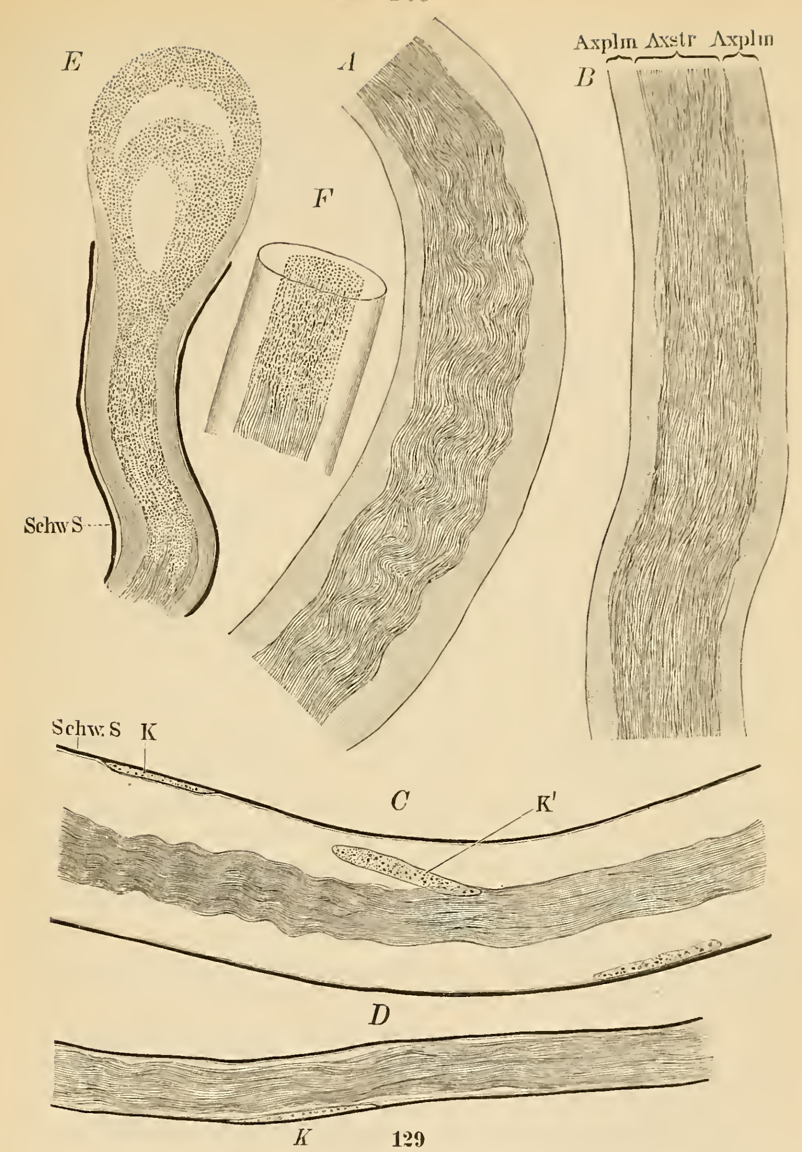
128

A) Stück einer markhaltigen Nervenfaser aus dem N. ischiadicus des Frosches, frisch *B)* Dasselbe nach längerer Einwirkung von physiologischer Kochsalzlösung. Vergr. 388. ax = Axencylinder; K = Kern der SCHWANN'schen Scheide; L = LANTERMANN'sche Einkerbung; M = Markscheide; R = RANVIER'sche Einschnürung.

einstimmung dafür, dass das Axoplasma und das Protoplasma der Ganglienzelle einander sehr ähnlich sind, und beweist zweitens wieder, dass diese Plasmen ausserordentlich reich an Wasser sein müssen. Dafür spricht auch das Verhalten gegen chromsaure Salze, welche auch in ganz schwachen Lösungen stets eine starke Schrumpfung des Axoplasmas (und ähnlich der Ganglienzellen) bewirken. Als Resultat dieser entsteht jener bekannte solide Axencylinder, der den Raum der Markscheide lange nicht ausfüllt und ein ganz unregelmässig geformtes, bald bandförmigplattes, bald mehr cylindrisches, bald mehr cannelirtes, bald mehr rinnenförmig ausgehöhltes Gebilde darstellt je nachdem an den betreffenden Stellen das Reagens durch die Markscheide hindurch auf das Axoplasma einzuwirken vermochte. Auf diese so entstandene unregelmässige Gestalt ist auch die mitunter zu beobachtende, scheinbar spiralige Drehung des Axencylinders in der Markscheide zurückzuführen.

Interstitielle Körnchen, die nach KÖLLIKER bei Osmiumsäurebehandlung in dem Axoplasma zwischen den- Fibrillen auftreten sollen, habe ich an überhaupt guten Präparaten nicht gesehen, das Plasma erschien mehr homogen.

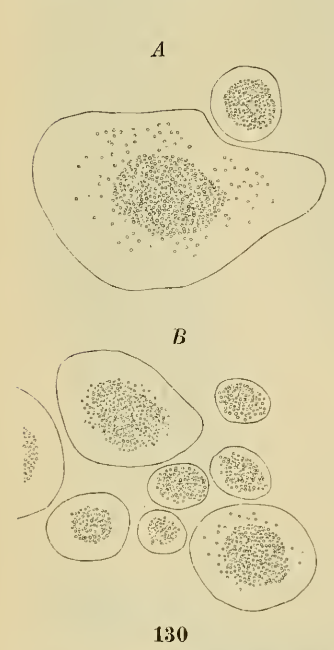
Fibrillen. Zur Untersuchung der in dem Axoplasma eingelagerten feinen Fädchen, der Nervenfibrillen oder Axenfibrillen, kann ich am meisten die lebendfrischen Fasern der Neunaugen empfehlen, an welchen ich mich zuerst von der Existenz der Fibrillen im Leben überzeugt habe, ev. die von Evertebraten, z. B. Krebs. Die Fibrillen, welche eine Dicke von ungefähr 0,4 μ besitzen, liegen hier bei den dicken Fasern zu einem Bündel vereinigt, dem Axenstrang (*Axstr*), wie ich es nennen will (Figur 129 *A, B, C, D, F*). Umgeben ist dieser von einer Schicht des Axoplasmas, dem Axo-



129

Nervenfasern von Petromyzon fluviatilis. Vergr. 700. *A)* und *B)* lebend frische Fasern aus einem motorischen Augennerven. Die SCHWANN'sche Scheide ist fortgelassen. In *A)* verlaufen die Fibrillen mehr wellig, theilweise so stark gebogen, dass sie im Querschnitt als feine Pünktchen erscheinen. In *B)* verlaufen die Fibrillen nicht so genau parallel, am Rande ziehen einige isolirt auf kürzere Strecken durch das Axoplasma. *C)* und *D)* sind Fasern aus dem durch HERMANN'sche Flüssigkeit fixirten N. trigeminus mit SCHWANN'scher Scheide (Schw S) und deren Kernen (K mehr im Profil, K' von der Fläche gesehen). In der sehr dicken Contur der Scheide ist wohl noch ein Theil der Fibrillenscheide mit enthalten, es ist diese Contur nicht genauer ausgezeichnet worden (vergl. auch Figur 112). In *D)* ist die Mantelschicht des Axoplasma sehr dünn. *E)* Ende einer Faser aus dem frisch untersuchten N. trigeminus. Die Fibrillen sind körnig zerfallen, der etwas verflüssigte Inhalt tritt in Gestalt eines birnförmigen Körpers hervor. Die körnig zerfallene Strecke war in Natur länger als hier dargestellt. *F)* freies Querschnittsende einer lebendfrischen Trigeminusfaser, auch hier zeigt das Ende schon einen kurzen körnigen Zerfall, es ist aber noch keine Verflüssigung eingetreten, die Scheide ist fortgelassen.

plasmamantel (*Axplm*), in welchem indessen auch noch einige Fibrillen mehr isolirt verlaufen, die sich von dem Strange abzweigen und wieder zutreten, vielleicht auch auf weite Strecken isolirt hinziehen. Je dünner die Fasern sind, um so geringer ist der Axoplasmamantel, bis schliesslich die Mantelschicht kaum noch sichtbar bleibt (Figur 129 *D*). Dem entsprechen die Querschnittbilder (Figur 130). Hier sieht man bei den dicken Fasern in der Mitte die Zusammenlagerung der Querschnitte im Axenstrang, in der Mantelschicht die mehr einzeln verlaufenden Fibrillen, je dünner die Fasern werden, um so mehr überwiegt der Axenstrang, wenngleich auch hier Verschiedenheiten vorkommen (Figur 130 *B*). Es nimmt also mit abnehmendem Axencylinderdurchmesser bei Petromyzon die Menge des Axoplasmas schneller ab, als die Anzahl der Fibrillen. Da diese letzteren aller Wahrscheinlichkeit nach die eigentlich wichtige, leitende Substanz darstellen, so würde man bei Petromyzon aus dem Durchmesser des Axencylinders nicht ohne Weiteres auf die Menge der leitenden Substanz schliessen dürfen. Die Entfernung zwischen zwei Fibrillen ist stets grösser als der Durchmesser der Fibrillen, es sind dieselben also durch relativ grosse Mengen des Axoplasmas von einander getrennt. Die Fibrillen von Petromyzon sind äusserst hinfällige Gebilde, welche augenscheinlich nur lebendfrisch überhaupt sichtbar sind, sobald sie absterben, zerfallen sie, auch bei Untersuchung im Blutserum desselben Thieres, in feine Körnchen von sehr starkem Lichtbrechungsvermögen, welche zunächst noch in Reihen liegen bleiben, entsprechend den Fibrillen, durch deren Zerfall sie entstanden sind (Figur 129 *F*). Bei weiterem Absterben tritt dann augenscheinlich eine Verflüssigung des Axenstranges ein, derselbe fliesst als eine zähe Masse hervor, begleitet von der wohl noch festeren Substanz des Axoplasmamantels (Figur 129 *E*). Wir haben oben gesehen, dass das Axoplasma eine sehr leicht ver-



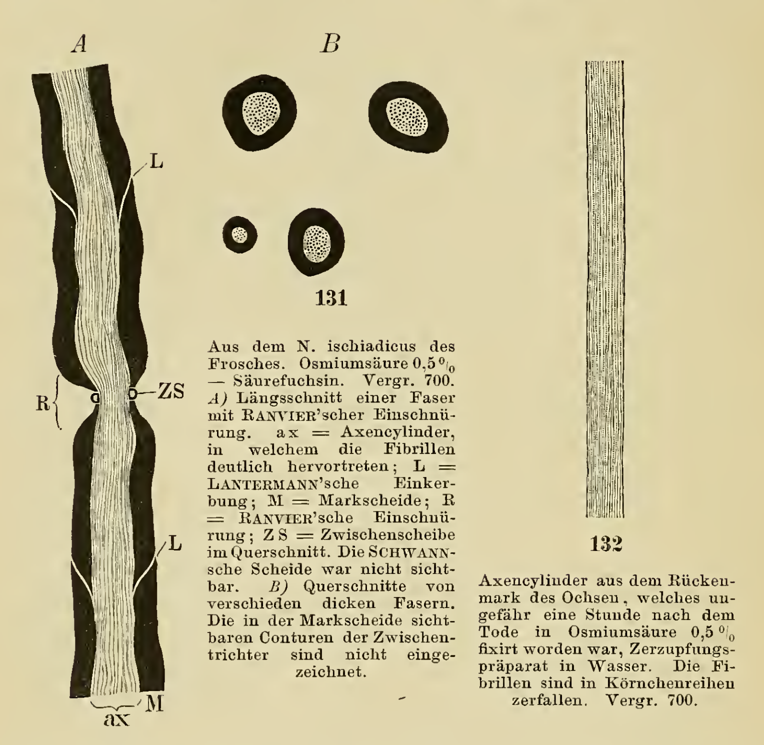
130

Querschnitte von Axencylindern aus dem in HERMANN'scher Lösung fixirten und in Paraffin eingebetteten N. trigeminus von Petromyzon fluviatilis. Vergr. 700. Nur die Axencylinder sind gezeichnet.

änderliche Substanz darstellt, doch ist es augenscheinlich noch widerstandsfähiger als die Fibrillen. Bald nach dem Tode ist daher von den Fibrillen überhaupt nichts mehr zu sehen; statt ihrer bemerkt man einen körnigen Strang, wie er schon vielfach abgebildet worden ist (vergl. auch Figur 112). Die Fibrillen conserviren sich am besten bei schneller Einwirkung von Hermann'scher Flüssigkeit auf die lebendfrische Faser. Auch Osmiumsäure 0,5 % conservirt sie zunächst gut, macht sie aber nicht so haltbar. Beobachtet man Neunaugenfasern in Serum bei allmählichem Wasserzusatz, so sieht man zunächst die Fibrillen körnig zerfallen, bei weiterer Verdünnung werden die Körnchen ganz plötzlich zu relativ grossen hellen Feldern oder hellen Bläschen, deren dünne Scheidewände aneinander stossen und so den Eindruck eines zarten Netzes in einer hellen Grundsubstanz machen. Bei weiterem Wasserzusatze ev. bei Zusatz von verdünnter Essigsäure ändert sich dieses Bild nicht mehr viel, ev. zeigen sich noch Vacuolen, bis schliesslich Auflösung eintritt. Bei der Einwirkung von chromsauren Salzen sieht man nur noch Körnchenstreifen in dem geschrumpften Axoplasma (vergl. Figur 112), doch tritt auf dem Querschnitt der Axenstrang mitunter noch ziemlich deutlich als ein dunkler körniger centraler Bezirk hervor [1]. Besser sieht man ihn nach Alkoholhärtung. Beim Stör und manchen Knochenfischen sind bei den dicken Fasern ähnliche Bilder zu beobachten und hier hat Mauthner sie von manchen — nicht von allen — Fasern des Hechts und der Forelle beschrieben (11, XXI, II). Spätere Forscher haben aus dieser Beobachtung die „Mauthner'sche Scheide" gemacht. Die meisten Axencylinder der Fische und auch die aller höher stehenden Thiere entsprechen nun jenen dünnen Axencylindern von Petromyzon, an denen die Mantelschicht so zart geworden ist, dass sie nicht mehr deutlich als besondere Schicht wahrzunehmen ist. Man erkennt das leicht an dem in Figur 131 *A* dargestellten Längsdurchschnitte durch eine markhaltige Faser des Frosches. Wie man sieht, ziehen die Fibrillen auch durch eine Ranvier'sche Einschnürung unverändert hindurch, nur dass sie ein wenig zusammenrücken, da das Rohr hier um ein geringes enger wird. Die Querschnitte in Figur 131 *B* zeigen dem entsprechend eine ganz gleichmässige Vertheilung (vergl. auch Figur 115 *D*) und so würde man bei den höheren Thieren aus einer Abnahme des Durchmessers des Axencylinders auch auf eine entspre-

[1]) Es ist diese Sonderung auch schon früher von Reissner (15, 1860) gesehen und beschrieben worden.

chende Verminderung der Fibrillen schliessen können. Ganz ähnlich ist das Bild, welches ein Axencylinder aus dem Rückenmarke des Ochsen darbietet (Figur 132). Da dieses Rückenmark nicht so frisch



Aus dem N. ischiadicus des Frosches. Osmiumsäure 0,5 % — Säurefuchsin. Vergr. 700. *A)* Längsschnitt einer Faser mit RANVIER'scher Einschnürung. ax = Axencylinder, in welchem die Fibrillen deutlich hervortreten; L = LANTERMANN'sche Einkerbung; M = Markscheide; R = RANVIER'sche Einschnürung; Z S = Zwischenscheibe im Querschnitt. Die SCHWANN-sche Scheide war nicht sichtbar. *B)* Querschnitte von verschieden dicken Fasern. Die in der Markscheide sichtbaren Conturen der Zwischentrichter sind nicht eingezeichnet.

Axencylinder aus dem Rückenmark des Ochsen, welches ungefähr eine Stunde nach dem Tode in Osmiumsäure 0,5 % fixirt worden war, Zerzupfungspräparat in Wasser. Die Fibrillen sind in Körnchenreihen zerfallen. Vergr. 700.

eingelegt werden konnte als der Froschnerv, so sind die Fibrillen schon in Körnchen zerfallen, die aber noch genau in Reihen und so dicht aneinander liegen, dass sie bei schwächerer Vergrösserung oder bei nicht ganz scharfer Einstellung des stärkeren Objectivs den Eindruck von Linien machen. Da die Fibrillen, bei herausgenommenen Fasern wenigstens, niemals absolut gestreckt sind, sondern leicht wellig verlaufen, so sieht man als Fibrillenbild bald eine Linie, bald eine Reihe von kleinen Körnchen, und häufig eine Linie zwischen zwei Körnchenreihen. Dass es sich hier nicht um interstitielle, im Axoplasma liegende, Körnchen handelt, geht einmal aus dem genauen Verfolg der Reihen und dann daraus hervor, dass die Körnchen von den Linien stets um so viel abstehen als einem Axoplasmaseptum entspricht, während Axoplasmakörner unmittelbar anliegen müssten, da sie ja gerade das Septum bilden würden.

Den Durchmesser der Fibrillen fand ich bei Petromyzon, Frosch und Ochse (hier allerdings die Körnerreihe) gleichmässig zu ca. 0,4 μ, es ist darnach wahrscheinlich, dass die Fibrillendicke bei allen Wirbelthieren wenigstens eine annähernd gleiche sein wird.

Bei der Theilung der Axencylinder wird voraussichtlich eine gewisse Anzahl von Fibrillen in jeden Theilast übergehen, bei sehr feinen abtretenden Aesten vielleicht nur eine mit dem zu ihr gehörigen Axoplasmamantel. Diesem würde dann die eventuelle Bildung der Varicositäten an den feinsten Fäserchen zuzuschreiben sein.

Wie ich oben (p. 185) schon mittheilte, beträgt der Durchmesser der in den sympathischen Fasern der Milznerven des Kalbes vereinigten feinen Axencylinder ca. 1 μ, es ist daher bei Zurechnung des Axoplasmamantels wahrscheinlich, dass jeder derselben nur eine Fibrille enthält.

Wirklich isolirte Fibrillen, d. h. solche ohne Axoplasma, kommen wohl nicht vor. Man darf daher auch die feinsten, aus Theilungen des Axencylinders hervorgegangenen Fäserchen nicht als „Fibrillen" bezeichnen, sondern nur als feine Axencylinder.

Was die Entstehung der Fibrillen in der Nervenzelle beim Abgange des Nervenfortsatzes anlangt, so wird mehrfach angegeben (z. B. His), dass schon bei ganz jungen embryonalen Zellen eine in die Zelle ausstrahlende feine, fibrilläre Streifung zu sehen ist. Genaueres kann ich darüber auch nicht beibringen.

Der von Feist (7, 1890, Anatom. Abthlg.) von Froschnerven beschriebene „Centralfaden" scheint mir etwas ganz anderes zu sein als mein Axenstrang und dürfte in der That wohl nur den ganzen, geschrumpften Axencylinder darstellen.

Identisch mit meinem Axenstrang ist dagegen sicher das „centrale Faserbündel", welches Remak (15, 1843) aus den dicksten Nervenfasern des Krebses beschrieben hat.

Axencylinderrinde (Schiefferdecker 1, XXX). Die äusserste Schicht des Axoplasmas scheint von etwas anderer Beschaffenheit zu sein als das übrige. Sie bewirkt die eigenthümlich scharfe Contur des Axencylinders und erlaubt einen Austritt des flüssig gewordenen Inneren zunächst nur am freien Ende. Diese Schicht ist von sehr grosser Feinheit, lässt sich als eigene Membran nicht darstellen und hängt mit dem Inneren unmittelbar zusammen, zeigt daher keine doppelte Contur. Bei Behandlung des frischen Axencylinders mit verdünntem Serum und schwacher Essigsäure ist sie zunächst resistenter als das innere Axoplasma, wird aber schliesslich zerstört, sie ist also auch relativ wenig widerstandsfähig.

Bedeutung der Elemente des Axencylinders. Der ganze Axencylinder ist ein stärker differenzirter Theil des Zellkörpers, ein Fortsatz desselben. Die stärkere Differenzirung besteht darin, dass sich ein specifisch der Function angepasstes Element, die Fibrillen, gebildet hat, diese werden also voraussichtlich speciell der Nervenleitung dienen. Das Axoplasma entspricht demgemäss dem Protoplasma weniger dem specifischen Theil, es wird also voraussichtlich den vegetativen Processen vorstehen. Das ganze Verhältniss erinnert, wie man bemerkt, sehr an das Sarkoplasma und die Fibrillen bei den Muskelzellen. Es ist daher auch möglich, dass jene Nerven, welche relativ viel Axoplasma besitzen, geeigneter dazu sind, längere Zeit hintereinander in Erregung zu verharren als die mit wenig Axoplasma versehenen. Ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Sarkoplasma und dem Axoplasma besteht aber darin, dass in jenem überall Kerne liegen, während dieses abhängig ist von dem Kern der Nervenzelle. Darauf beruht es voraussichtlich, dass der von der Zelle gewaltsam getrennte Theil des Axencylinders zu Grunde geht, während der andere lebenskräftig bleibt und jenen wieder zu ersetzen im Stande ist. Es ist dieses daher ein sehr interessantes Beispiel für die Fernwirkung eines Zellkernes. Dieses kleine Gebilde würde unter Umständen auf mehrere Fuss Entfernung das ihm unterstehende Protoplasma beherrschen oder beeinflussen.

Die *directe Ernährung* des Axencylinders würde durch Lymphe besorgt werden, die bei den marklosen Nervenfasern an allen Stellen leicht an denselben herantreten kann, bei den markhaltigen durch die Zwischenscheiben und Zwischentrichter in den periaxialen Spaltraum gelangt.

Die *Bedeutung der Markscheide* für den Axencylinder dürfte wohl kaum in der isolirten Leitung zu suchen sein, wie mitunter angenommen worden ist, diese Eigenschaft kommt sicher auch jeder marklosen Nervenfaser und wahrscheinlich sogar jeder Nervenfibrille zu. Viel näher scheint es mir zu liegen, anzunehmen, dass die Markscheide eine Schutzhülle darstellt, welche die Nervenfaser weniger empfindlich gegen äussere Einflüsse und damit unabhängiger von solchen macht. Die nicht unterbrochene Markscheide bildet direct einen Schutz und an den Unterbrechungen liegen bestimmte Substanzen, die vielleicht auch noch die Fähigkeit besitzen, aus dem zugeführten Materiale eine Auswahl zu treffen, indem sie nur bestimmte Stoffe hindurchlassen.

Ob der Axencylinder sich an den Stellen der Ranvier'schen Einschnürungen verdünnt, wie sehr vielfach behauptet worden ist, lässt

sich sehr schwer entscheiden. Wie aus dem Mitgetheilten hervorgeht, ist der Axencylinder auch trotz der schützenden Markhülle ungemein empfindlich gegen jeden Eingriff, dazu kommt, dass jedes Reagens an der Stelle der Zwischenscheibe anders auf den Axencylinder wirkt als in seinem übrigen Verlauf, so sind Fehlerquellen genug vorhanden. Auch ich habe an frischen wie an fixirten Präparaten häufig den Eindruck gehabt, dass eine Verengerung des Markscheidenlumens und damit auch eine Verschmälerung des Axencylinders stattfinde (vergl. die Figuren 128 und 131), habe dieselbe aber immer nur sehr gering gefunden, so dass die vorhandenen Fehlerquellen durchaus zur Erklärung derselben genügten. Naturgemäss könnte eine Verschmälerung des Axencylinders (vergl. auch Figur 131) nur auf einer Verminderung des Axoplasmas an dieser Stelle beruhen, die Fibrillen ziehen unverändert hindurch. Ob einer solchen event. vorhandenen Verschmälerung eine Bedeutung zukommt, und welche, scheint mir vorläufig noch nicht entscheidbar.

d) **Durchmesser, Aeste und Theilungen der markhaltigen Nervenfaser.** Der Durchmesser der markhaltigen Nervenfasern ist bei einem und demselben Wesen sehr verschieden. Einmal nehmen die Fasern im Laufe der Entwickelung an Dicke bedeutend zu, so dass z. B. im N. oculomotorius der Katze die Fasern des erwachsenen Thieres den 6- bis 8 fachen Durchmesser haben gegenüber denen des neugeborenen (Schiller 41, 1889). Zweitens aber liegen auch in den Nerven des vollständig entwickelten Körpers sehr verschieden dicke Fasern neben einander, so dass Schwankungen von 1.8 μ bis 23.4 μ beim Menschen beobachtet werden. Beziehen sich diese Maasse auch auf die Markscheide, so ist doch auch der Durchmesser des Axencylinders ähnlich verschieden. Sowohl motorische wie sensible Wurzeln enthalten sehr verschieden dicke Fasern, doch finden sich die grössten Maxima in den motorischen. Dieselben besitzen überhaupt eine grössere Anzahl dickerer Fasern als die gleichnamigen sensiblen, so dass die Mittelwerthe für sie durchweg höher liegen als für die sensiblen (Schwalbe 83).

Zwischen der Grösse des erwachsenen Thieres und der Dicke der Nervenfasern scheint kein bestimmtes Verhältniss zu bestehen. Dagegen zeigt es sich, dass die längsten Nervenfasern auch zugleich die dicksten sind, ohne dass indessen ein mathematisch genaues Verhältniss zwischen Länge und Dicke sich bisher herausgestellt hat (Schwalbe). Am regelmässigsten verhalten sich in dieser Beziehung die sensiblen Nerven, doch kommen auch hier bei denen des Gehirns

Abweichungen vor (Schwalbe). Alle diese Angaben beziehen sich auf den Durchmesser der Markscheide, genaue Messungen des Axencylinders sind noch nicht ausführbar gewesen, da derselbe, wie oben schon hervorgehoben wurde, bei Anwendung von Reagentien, zu leicht und zu unregelmässig schrumpft.

Sehr wesentlich für die Beantwortung der Frage, wie sich der Durchmesser einer Nervenleitungsbahn nach der Peripherie hin stellt, ist das Verhalten der Nervenfasern in Bezug auf Abgabe von Aesten und deren Dicke. Sowohl die motorischen wie die sensiblen Fasern zeigen mehr oder weniger zahlreiche Theilungen resp. Abgabe von feinen Aestchen an den Stellen der Ranvier'schen Einschnürungen. Dieselben finden sich im Centralnervensystem sowohl gleich nach dem Abgange des Nervenfortsatzes wie während des Verlaufes der Nervenfaser in der weissen Substanz hier vielfach in Form der gewöhnlich unter ungefähr rechtem Winkel abgehenden „Collateralen" (Ramón y cajal 16, V). In den peripheren Nerven kommen sie weniger in den Nervenstämmen als kurz vor der Endigung der Nerven fasern vor (vergl. auch in Cap. IV das dort über die motorischen und sensiblen Muskelnerven Gesagte). Die Theilungen finden auch hier stets an den Stellen der Ranvier'schen Einschnürungen statt, da ja die Theilung vom Axencylinder ausgeht, der an diesen Stellen frei von der specifischen Scheide ist (vergl. die Figuren 135 und 137) und können zweierlei Art sein: Einmal findet ein mehr oder weniger gleichmässiger Zerfall in zwei bis fünf neue markhaltige Nervenfasern statt, auf welche sich die Schwann'sche Scheide gleichmässig fortsetzt, zweitens geht ein relativ feiner markloser Ast ab (z. B. sensible Muskelnerven). Am Ende der Nervenfaser, resp. am Ende einer der aus ihr durch Theilung hervorgegangenen Nervenfasern, (so auch bei den Collateralen im Centralnervensystem) kommt es häufig zu einer ziemlich schnellen und reichen Verästelung des Axencylinders, welche einen mehr oder weniger büschel- oder geweihartigen Typus hat. In Bezug auf das Kaliber der Nervenbahn ergiebt sich nun, dass die periphere ungetheilte motorische Nervenfaser ein gleichmässiges Kaliber beibehält, während ihre Theiläste eine Abnahme desselben zeigen. Addirt man indessen die Durchmesser der sämmtlichen aus einer Faser hervorgegangenen Aeste (im Brusthautmuskel des Frosches etwa 30), so erhält man eine bedeutende Zunahme des Gesammtkalibers, und zwar nicht nur mit Hinzurechnung der Markscheide, sondern auch zweifellos für den Axencylinder allein (Schwalbe). — Sehr eigenartig ist das Verhalten

der peripheren sensiblen Fasern. Diese zeigen nach Schwalbe während des Verlaufes nach der Peripherie eine Dickenabnahme der ungetheilten Faser. Die sehr zahlreichen Theiläste, in welche die Fasern in vielen Fällen schliesslich zerfallen, werden allerdings wahrscheinlich wieder eine Zunahme des Kalibers der Nervenbahn bewirken, die das Maass des Anfangskalibers weit übersteigt (vergl. auch p. 153). Weiter findet man aber auch eine Abnahme des Durchmessers nach dem Centrum, d. h. der Nervenzelle, zu, so in den Spinalganglien (vergl. Figur 135). Hierher im Prinzipe zu rechnen wäre auch wohl die Thatsache, dass in der Retina die distalen Fortsätze der inneren Körner dicker sind als die proximalen und dass auf eine aus einer Retinaganglienzelle hervorgehende Opticusfaser eine ganze Anzahl von proximalen Körnerfasern entfällt. Die in diesem Falle zweifellos vorhandene Kaliberabnahme nach dem Centrum zu, wird also vermittelt durch eingeschobene Nervenzellen.

Ueber die Kaliberverhältnisse der centralen Fasern bei ihren Theilungen, weiss man noch nichts sicheres, da Messungen fehlen, doch scheint es mir dem ganzen Verhalten nach zweifellos, dass auch hier, ganz wie bei den peripheren Fasern, eine Kaliberzunahme, und zwar des Axencylinders, vorhanden ist.

e) **Entwickelung, physiologische Degeneration und Regeneration.** Wie ich oben schon angegeben habe entwickeln sich die Axencylinder als Fortsätze der Nervenzellen. — Auf welche Weise das Mark entsteht, ist noch nicht genauer bekannt. Wie schon erwähnt wurde, bildet es sich weit später als die Axencylinder und nimmt im Laufe der Entwickelung an Mächtigkeit zu. Die von Ranvier und Boveri für die Entwickelung der markhaltigen Fasern aufgestellten Theorieen halte ich für durchaus irrig. — Die Schwann'sche Scheide entsteht aus Zellen, die zu dem Bindegewebe gehören, in welches der Axencylinder beim Verlassen des Centralnervensystems hineinwächst. Dieselben würden als ev. chemisch modificirte Endothelzellen zu bezeichnen sein. Ihrer chemischen Beschaffenheit nach verhält sich die Schwann'sche Scheide ganz ähnlich dem Sarkolemma (vergl. p. 140), mit welchem sie ja bei der Endigung des Nerven im Muskel sich wahrscheinlich auch verbindet.

Nach den eingehenden Untersuchungen von S. Mayer (43, II) finden sich in den peripheren Nervenstämmen fortwährend Fasern, welche durch Degeneration zu Grunde gehen, sowie entsprechend solche, welche sich regeneriren. Die Veränderungen treten am deutlichsten hervor an der Markscheide, doch soll schliesslich auch der

Axencylinder zerstört werden. Es scheint mir, dass diese Vorgänge dringend einer Neuuntersuchung bedürfen, nachdem wir jetzt wissen, dass der Axencylinder als ein Zellfortsatz zu betrachten ist und nur von der Zelle her auszuwachsen vermag.

f) **Verheilung von Nervenwunden.** Wird ein Nerv durchtrennt, so degeneriren diejenigen Theile der Fasern, welche nicht mehr mit den Zellen, von denen sie herstammen, in Verbindung stehen, also die des distalen Stumpfes (vergl. auch p. 208). Die Axencylinder des proximalen Endes wachsen dann in die degenerirte alte Bahn hinein und langsam weiter, bis sie dieselbe ganz durchwachsen haben. Die Zeitdauer dieses Processes und auch, wie es scheint, die Möglichkeit der vollständigen Regeneration richtet sich nach der Länge des degenerirten Theils und beträgt erstere beim Menschen Monate und Jahre. Eine ausgedehnte Bindegewebsnarbe hindert die Regeneration (Etzold 84, XXIX). Bei Rückenmarksdurchschneidungen findet eine Regeneration der Fasern vielleicht bei ganz jungen Thieren statt (Eichhorst), bei älteren oder erwachsenen Thieren ist sie nicht mehr nachzuweisen (Schiefferdecker), ebensowenig beim Menschen.

C) Hauptformen von Nervenzellen und deren Nervenfortsätze.

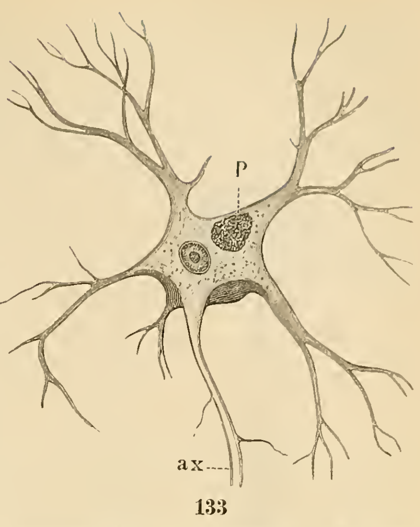
Die Form und Grösse der Nervenzellen, sowie das Verhalten des Nervenfortsatzes sind je nach der Function der Zelle verschieden. Als Beispiel mögen hier einige Haupttypen folgen.

1) Zellen, deren Nervenfortsätze direct zu peripheren Organen in Beziehung treten.

a) Die Zellen der centralen motorischen Kerne. Die im Centralnervensystem gelegenen centrifugalwirkenden Zellen sind gross, meist mit vielen Protoplasmafortsätzen versehen und senden einen Axencylinderfortsatz (vielleicht auch zwei) aus, der zunächst bald nach seinem Ursprunge einige feine Aestchen abgeben kann und sich im weiteren peripheren Verlaufe, namentlich in der Nähe seines Endes, gewöhnlich vielfach verästelt. Charakteristisch für diese Gattung sind die grossen Zellen im vordersten Theil der Vorderhörner des Rückenmarks (Figur 133), denen diejenigen der motorischen Kerne der Hirnnerven entsprechen.

b) Die Zellen der sensiblen Ganglien. Die peripheren, sensiblen, centripetal leitenden Nervenfasern entspringen nach den Unter-

suchungen von His sämmtlich von den sensiblen Ganglien, welche andererseits centralwärts verlaufende Nervenfortsätze abgeben, die in den Centralorganen endigen. Es gehören hierzu die Spinalganglien, Gangl. Gasseri, Gangl. geniculi, Ganglien des Acusticus, Glossopharyngeus, Vagus. Die Zellen dieser Ganglien sind demgemäss bipolar. Dieses Verhalten tritt bei embryonalen Zellen sehr deutlich hervor, beim menschlichen Embryo in der vierten bis fünften Woche (His). Figur 134 stellt eine solche Zelle dar. Ganz ähnlich verhalten sich die entsprechenden Zellen niederer Wirbelthiere, so der Fische, bei welchen es sehr leicht ist, die beiden gewöhnlich oppositopolar abgehenden Fortsätze zu sehen. Bei Petromyzon vermochte FREUD (14, Bd. 78, III) nachzuweissen, dass



133

Nervenzelle aus dem Vorderhorn des Rückenmarks des Menschen, mit geringer Veränderung nach OBERSTEINER. Vergr. 150. ax = Axencylinderfortsatz, P = Pigmentanhäufung. Die nichtbezeichneten Fortsätze sind Protoplasmafortsätze.

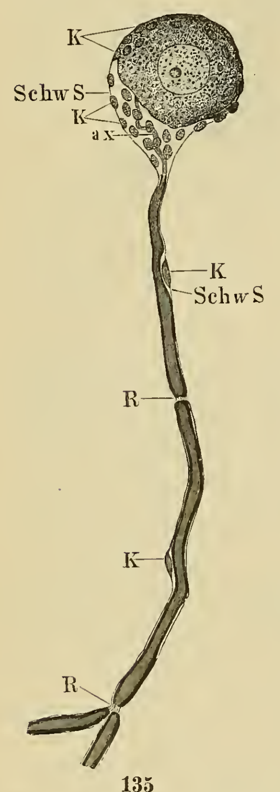


134

Nervenzelle aus einem Spinalganglion eines $4^{1}/_{2}$ wöchentlichen menschlichen Embryo. Vergr. 1100. Copie n. HIS (7, 1887, p. 373).

ausser dieser extremen Stellung noch eine Menge von anderen vorkommen, welche dadurch charakterisirt sind, dass die Fortsätze zunächst auf derselben Seite der Zelle entspringen (wie in Figur 134), so dass der Zellkörper seitlich ansitzt, dass sie dann mehr und mehr zusammenrücken, bis sie dicht neben einander entspringen, ja, dass schliesslich nur ein Fortsatz vorhanden ist, der sich nach einer gewissen Strecke seines Verlaufs theilt. Eine diesen verschiedenen Modificationen entsprechende Umänderung muss bei den höheren Thieren allmählich während der Entwickelung stattfinden, denn während die Spinalganglien-

zellen zuerst deutlich bipolar sind (Figur 134), wenn auch schon von Anfang an die beiden Fortsätze mehr von einer Seite der Zelle abgehen, erscheinen sie im erwachsenen Zustande stets unipolar, wobei der Fortsatz sich indessen nach kurzem Verlauf in zwei Fasern theilt (Figur 135). Diese sogenannte T-förmige Theilung (RANVIER) ist sehr charakteristisch für den Nervenfortsatz dieser Zellen. Sie findet sich gewöhnlich an der zweiten oder dritten Einschnürung und es lässt sich nachweisen, dass der eine Fortsatz zu der Peripherie, der andere zum Rückenmark hinläuft (LENHOSSÉK 1, XXVI). Die Summe der Durchmesser der beiden Axencylinder soll der des einfachen entsprechen, was auch schon dadurch wahrscheinlich gemacht wird, dass unter Umständen der Axencylinder schon **vor** der letzten RANVIER'schen Einschnürung getheilt zu erkennen ist. Die Markscheide kann dagegen so verschieden dick sein, dass die periphere Faser einen grösseren Durchmesser besitzt, als die ungetheilte Faser (LENHOSSÉK). — Wie Figur 135 erkennen lässt, tritt der Nervenfortsatz zunächst nackt aus der Zelle hervor (*ax*), nur eingehüllt von der auch die Zelle umgebenden SCHWANN'schen Scheide (*Schw S*). Nach einer kurzen Strecke beginnt eine allmählich stärker werdende Markhülle. An der zweiten Einschnürung liegt die Theilungsstelle.



135

Nervenzelle aus einem Spinalganglion des Kaninchens, fixirt durch Ueberosmiumsäure, isolirt nach Maceration in Salzsäure-Glycerin. Vergr. 388. ax = Axencylinder; K = Kerne der SCHWANN'schen Scheide; R = RANVIER'sche Einschnürung, bei der zweiten Einschnürung von der Zelle aus gerechnet theilt sich die Nervenfaser; Schw S = SCHWANN'sche Scheide.

Die **entsprechenden Zellen des Frosches** zeigen, nach den Autoren, die Eigenthümlichkeit, dass an jene Seite der Zelle, an welcher der Axencylinderfortsatz abtritt, eine bis drei Zellen (gewöhnlich zwei) sich anlegen und den Ursprung des Fortsatzes verdecken, die **Polarzellen**, welche die **Polarplatte** bilden (LENHOSSÉK). Die deutlichen Kerne derselben sind schon von COURVOISIER (1868) als **Polarkerne** beschrieben worden. Die Bedeutung der Zellen ist unbekannt. Nach den Bildern, welche ich erhalten habe, möchte ich diese Zellen einfach als zur SCHWANN'schen

midenzellen in der Rinde der vorderen Theile des Grosshirns, namentlich in der Umgebung des Sulcus centralis. Ihr Axencylinderfortsatz (Figur 138) zeigt einen deutlichen Hals, giebt nur wenige sich mit Mark umkleidende Aestchen ab und wird selbst zu einer markhaltigen Faser. Die Protoplasmafortsätze sind zahlreich und sehr lang. Ferner würden die PURKINJE'schen Zellen der Kleinhirnrinde hierher zu zählen sein (vergl. Figuren 109 und 110). Dieselben besitzen einen peripheren sehr starken Protoplasmafortsatz, der sich kandelaberförmig verzweigt. Das ganze sehr reiche Astwerk desselben stellt nur eine relativ dünne Platte dar, die quer zu dem Verlaufe der Randwülste steht. Aus dem centralen Ende entspringt der Axencylinderfortsatz, der zunächst wenige feine Aestchen abgiebt, welche theilweise nach der Rinde zu umbiegen, und der selbst zu einer markhaltigen Faser wird.

b) *Die sensorischen Zellen.* Der Axencylinderfortsatz dieser theilt sich bald in eine grössere Anzahl von Aesten, von denen einmal angegeben wird, dass sie marklos bleiben und sich mit entsprechenden Endverzweigungen sensibler Fasern durchflechten (so im Kleinhirn, den Hinterhörnern des Rückenmarks, GOLGI, RAMÓN Y CAJAL) und die zweitens auch als markhaltig beschrieben werden und sich in den Filz markhaltiger Fasern verlieren (Pyramidenzellen aus dem Occipitaltheil der Grosshirnrinde, FLECHSIG).

Genauer wird auf diese verschiedenen Zellenarten bei Beschreibung der Centralorgane einzugehen sein.

D) Die Nervenendigungen.

Nach unseren jetzigen Kenntnissen scheint es, dass man zwei Hauptarten der Nervenendigung zu unterscheiden hat:

die freie Nervenendigung

und

die Endigung in einer Zelle.

In beiden Fällen finden sich verschiedene Modificationen, welche ich hier übersichtlich anführen will, das Nähere wird dagegen aus praktischen Gründen bei der Beschreibung derjenigen Organe mitgetheilt werden, in welchen sich die betreffenden Endigungen befinden. Man kann darnach die folgenden Abtheilungen unterscheiden:

1) **Der Axencylinder endigt frei,** indem er sich mehr oder weniger stark verästelt.

A) Die centrale Endigung. In den Centralorganen des Nervensystems sollten nach früheren Annahmen die Nervenfasern so endigen, dass sie entweder direct oder durch Vermittelung eines feinen Nervennetzes, welches durch die Protoplasmafortsätze gebildet wurde, mit Nervenzellen in Verbindung traten (vergl. auch p. 177), was indessen niemals sicher gesehen worden ist. Nach den neuesten hierauf bezüglichen Forschungen ist es dagegen wahrscheinlich, dass die Axencylinder der Fasern, eine Art von Endbusch bildend, sich durch vielfache Verzweigungen in eine grosse Anzahl sehr feiner Fäserchen auflösen, die sich um den Körper einer anderen Nervenzelle herumlegen oder mit den Endbüschen anderer Axencylinder durchflechten, so einen „Nervenfilz", ein „Neuropilem" (His), bildend. Dass sie mit denselben anastomosiren, scheint weniger annehmbar. Es würde hieraus eine Verbindung durch Contiguität folgen im Gegensatze zu der früher angenommenen durch Continuität. In welcher Weise man sich die Einwirkung solcher zellenumspinnender oder mit anderen sich durchflechtender Verästelungen vorzustellen hat, ob durch die Erregung der Nervenfaser eine elektrische Wirkung erzielt wird, durch welche die Zelle oder die benachbarten Fäserchen erregt werden, oder ob eine Veränderung der chemischen Reaction eintritt, welche auf die Umgebung wirkt, ist noch durchaus unklar.

Vielleicht gehört hierher auch jenes Netz der Spiralfaser an den sympathischen Nervenzellen des Frosches. Es müsste in diesem Falle die Spiralfaser der Zelle einen Reiz zuleiten, die Centralfaser würde dann den Nervenfortsatz der Zelle darstellen (vergl. p. 215).

B) Die periphere Endigung im Bindegewebe.

1) Der Axencylinder endigt in besonderen mehr kugeligen oder mehr ovalen aus einscheidenden Häuten gebildeten Endorganen, er bleibt dabei einfach oder verästelt sich mehr oder weniger stark. Derartige Endorgane sind:

die Endkolben (Krause'sche Endkolben),

die Genitalnervenkörperchen,

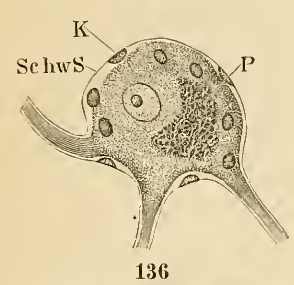
die Vater'schen oder Pacini'schen Körperchen.

Bei allen diesen gehen aus der bindegewebigen Scheide der Nervenfaser eine geringere (Endkolben, Genitalnervenkörperchen) oder eine mehr oder weniger grosse (Vater'sche Körperchen) Anzahl von Membranen hervor, die gleich in einander liegenden Kapseln, das Ende der Nervenfaser umhüllen. Der Axencylinder wird dabei von der eigenartigen Substanz des „Innenkolbens" umgeben. Als Beispiel

Scheide gehörig betrachten und annehmen, dass innerhalb derselben gelegene besondere Polarzellen überhaupt nicht vorkommen. Die Schwann'sche Scheide, welche die Nervenzellen beim Frosche umhüllt, besitzt nur wenig Kerne, und gerade wie bei den anderen Thieren ist der Theil, welcher die austretende Faser umhüllt, sehr kernreich. Die hier eng zusammenliegenden 2 bis 3 Kerne täuschen nun, wie mir scheint, die Polarzellen vor.

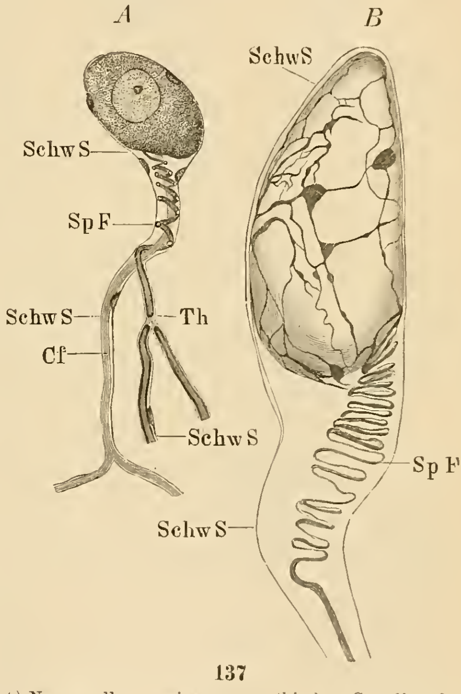
Protoplasmafortsätze zeigen diese Zellen niemals.

c) Die Zellen der sympathischen Ganglien. Dieselben, welche, wie oben (p. 179) schon angegeben wurde, von den Zellen der Spinalganglien abstammen, sind relativ klein und geben zwei oder mehrere



136

Nervenzelle aus dem Sympathicus des Menschen, Osmium 1 %. Vergr. 388. K = Kern der Schwann'schen Scheide (Schw S), P = Pigmentanhäufung in der Zelle.



137

A) Nervenzelle aus einem sympathischen Ganglion des Frosches, fixirt durch Ueberosmiumsäure, isolirt nach Maceration in Salzsäure-Glycerin. Die Theilung des geraden Fortsatzes, der Centralfaser, welche an dem Präparat nicht zu sehen war, eingezeichnet nach den Angaben von Schwalbe (Feist 7, 1890, anat. Th.). Vergr. 388. *B)* Nervenzelle aus einem sympathischen Ganglion des Frosches nach Injection von Methylenblau, Endnetz der Spiralfaser, welche allein gezeichnet ist. Copie nach Retzius (39, II). Starke Vergrösserung. Cf = Centralfaser (gerader Fortsatz); Schw S = Schwann'sche Scheide; Sp F = Spiralfaser; Th = Theilung der Spiralfaser an einer Ranvier'schen Einschnürung.

Fortsätze ab, die wohl als Nervenfortsätze zu deuten sind. Figur 136 zeigt eine Zelle vom Menschen, welche drei Fortsätze ausschickt und gleich diesen von der kernreichen Schwann-schen Scheide umhüllt ist.

Sehr eigenthümlich ist das Verhalten der sympathischen Zellen des Frosches (Figur 137). Dieselben zeigen stets zwei Fortsätze, von welchen der eine, die Spiralfaser, den anderen, die gerade verlaufende Central-



138

Nervenzelle aus der Grosshirnrinde des Menschen, halbschematisch. Vergr. 200. Theilweise nach OBERSTEINER, die Verästelung des Axencylinders eingezeichnet nach FLECHSIG. Ax = Axencylinder, F = Fortsatz desselben, der bei * markhaltig wird, P = Pigmentanhäufung. Die nichtbezeichneten Fortsätze sind Protoplasmafortsätze.

faser, in spiraligen Windungen umgiebt. Die Spiralfaser erhält bald eine Markhülle, welche sehr zart beginnt und sehr allmählich an Dicke zunimmt und theilt sich nach kürzerem oder längerem Verlauf in zwei markhaltige Fasern. Sie entspricht also zweifellos einem Nervenfortsatz. Die Centralfaser theilt sich nach SCHWALBE ebenfalls mehrfach und zwar mehr in der Art der Protoplasmafortsätze, eine Markscheide ist bis jetzt an ihr nicht beobachtet. Das Merkwürdigste ist nun aber der Ursprung der Spiralfaser. Sie geht nicht wie die Centralfaser direct aus der Zelle hervor, sondern entsteht aus einem feinen, knotige Anschwellungen zeigenden Netze (Figur 137 B), welches den Zellkörper umspinnt (ARNOLD, RETZIUS 39, II), ohne indessen, wie es scheint, mit der Zelle in directe Verbindung zu treten. In welcher Weise diese eigenthümliche Art des Ursprungs zu erklären ist, ob es sich hier vielleicht um eine die Zelle umspinnende netzförmige Endigung eines Axencylinders handelt (s. unten „centrale Endigung"), ist noch durchaus unbekannt.

2) Centrale Zellen, deren Nervenfortsätze in den Centralorganen endigen.

a) *Die Zellen nähern sich dem Typus der motorischen Zellen.* Dahin gehören die grossen Pyra-

mögen die Figuren 139 und 140 dienen (vergl. auch Figur 169, welche kleine VATER'sche Körperchen darstellt). Während der Axencylinder in den Endkolben und VATER'schen Körperchen meist nur wenige Verästelungen zeigt (doch kommen auch hiervon Ausnahmen vor, so wahrscheinlich in den Endkolben der menschlichen Conjunctiva), weisen die Genitalnervenkörperchen eine reiche endbuschartige Verästelung auf (RETZIUS 2, VII).

Die KEY-RETZIUS'schen und die HERBST'schen Körperchen der Vögel gehören ebenfalls hierher. Es finden sich derartige Endorgane in der Thierreihe: in der Haut von den Reptilien an (MERKEL), an den Sehnen auch schon bei den Amphibien (SACHS: beim Frosch).

Alles Nähere über die betreffenden Organe wird bei „Haut" und „Genitalorganen" mitgetheilt werden.

139

Zwei Endkolben aus der Conjunctiva sclerae des Kalbes. Osmiumsäure 0,5 %, Glycerin. Vergr. 388. Der hell erscheinende Axencylinder liegt in dem dunkleren Innenkolben, der aussen von den kernhaltigen Kapseln umgeben ist, von denen hier zwei zu unterscheiden waren. Ax = das etwas verdickte Ende des Axencylinders; Hsch = HENLE'sche ev. Perineuralscheide; Kps = Kapsel; K Schw S = Kern der SCHWANN'schen Scheide; N = Nerv.

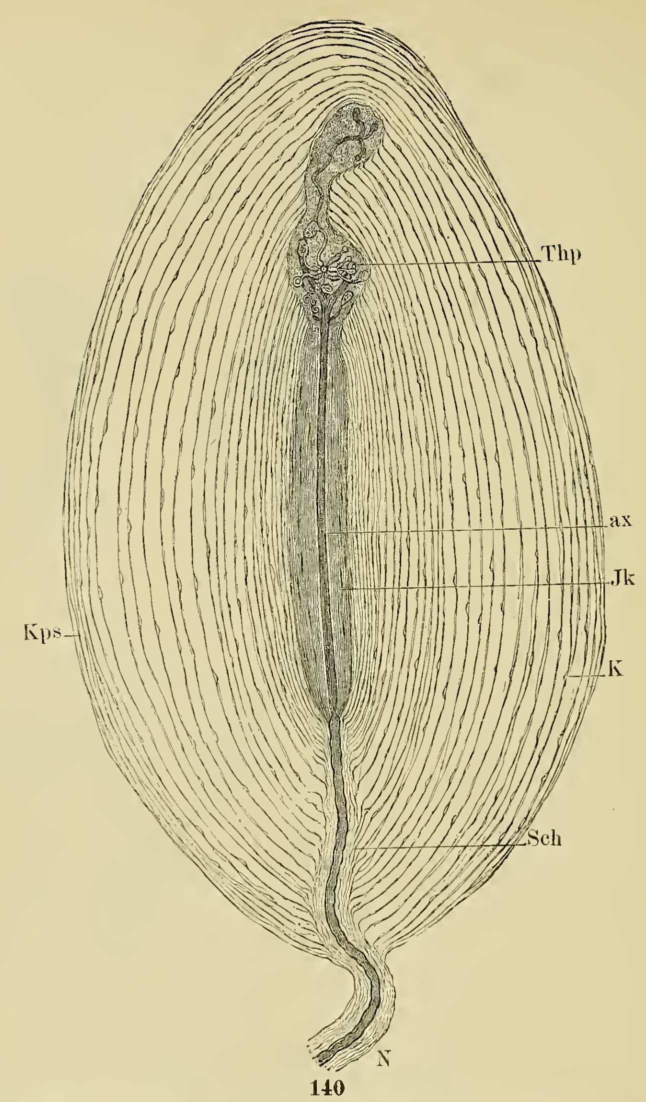
Vorkommen beim Menschen:

Endkolben finden sich nach MERKEL überall in der Haut, am zahlreichsten an den Stellen des feinsten Gefühls. Die beim Menschen und Affen in der Conjunctiva sclerae vorkommenden „rundlichen Endkolben" fasst MERKEL als „Tastkörperchen" auf (s. unten) und lässt die Nerven in den Zellen dieser endigen. Bei anderen Säugern finden sich dagegen nach ihm an dieser Stelle cylindrische Endkolben.

Genitalnervenkörperchen finden sich an den Stellen der Wollustempfindung, in der Glans penis, clitoridis, in den kleinen Schamlippen und in der Vaginalschleimhaut (hier wenigstens beim Kaninchen, RETZIUS 2, VII).

VATER'sche Körperchen: Wo diese an der Haut vorkommen, liegen sie stets im subcutanen Bindegewebe, also tiefer als die Endkolben. Sie finden sich beim Menschen:

a) an Hautnerven: Am zahlreichsten an denen des Handtellers, der Fusssohle und der Finger, dann auf dem Dorsum von



140

Vater'sches oder Pacini'sches Körperchen aus dem Mesenterium der erwachsenen Katze, frisch, ohne Zusatz. Schwache Vergrösserung. ax = Axencylinder; Jk = Innenkolben; K = Kern der Endothelschicht; Kps = Kapsel; N = Nervenfaser mit Perineuralscheide (Sch), aus der sich die Kapseln entwickeln; Thp = Theilungspunkt des Axencylinders, an dem eine grössere Anzahl von Aesten abgehen. Copie nach Ranvier (9).

Hand und Fuss, ferner am Unter-, Oberarm, Halse, am N. cruralis, an der Brustwarze, im Praeputium, am N. dorsalis penis, in den Labia majora.

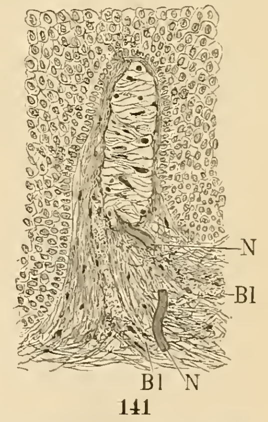
b) an den Nerven des Periosts und der Knochen, so auch in den Ligg. interossea des Unterarms und Unterschenkels.

c) an den Nerven der Gelenke besonders zahlreich, häufig an den Beugeseiten der Gelenke.

d) an verschiedenen Stellen im Bindegewebe des Körpers. Intercostalnerven, Fascia penis, in den Corpora cavernosa penis, an der Prostata, in der Adventitia, an der Abgangsstelle der Art. profunda femoris von der Art. cruralis, unter der Dura mater am Hiatus canalis facialis.

e) an den Gefäss- und Eingeweidenerven des Unterleibes: Plexus aorticus (vor und neben der Aorta abdominalis), besonders in der Nähe des Pankreas, auch im Mesenterium. (Vergl. auch Kölliker, Handbuch 6. Aufl. und namentlich W. Krause, Allgemeine und mikroskop. Anatomie 1876).

2) Zwischen den Verästelungen des Axencylinders und nach aussen von ihnen liegen eigenartige bindegewebige Zellen, so entsteht ein mehr oder weniger deutlich ovales, aussen von einer mit dem Perineurium zusammenhängenden Hülle umgebenes Körperchen: das Tastkörperchen (Meissner'sches Tastkörperchen). Derartige Körperchen liegen in Papillen dicht unter der Epidermis. Sie zeigen eine eigenthümlich quer gestreiftes Aussehen (Figur 141). Es treten zu ihnen eine bis drei markhaltige Nervenfasern, welche marklos werdend in ziemlich viele Aestchen zerfallen, die wahrscheinlich mit Endknöpfchen zwischen den Zellen endigen. Wegen des Näheren siehe „Haut". Nach Merkel (37) besteht das Körperchen aus einer Anzahl von Nervenzellen („Tastzellen", s. unten), mit welchen die Aeste der Nervenfasern sich verbinden.



141

Tastkörperchen von einem Querschnitt durch die Zehenhaut des Menschen. Fixirung durch Ueberosmiumsäure. Vergr. 130. Bl = Blutgefäss: N = markhaltige Nervenfaser.

Vorkommen: Die Tastkörperchen liegen beim Menschen am dichtesten an den Stellen des feinsten Tastgefühls. Sie sind nachgewiesen an Fingern, Zehen (am dichtesten auf der Volar- resp. Plantarseite und abnehmend von der dritten zur ersten Phalanx), Hohlhand und Fusssohle, Hand- und Fussrücken,

Volarfläche des Vorderarms (W. Krause), Unterschenkel (Merkel), Brustwarze, Lippenrand (W. Krause, Henle), der Zungenspitze (Geber 42, 1879), im Tarsaltheil der Conjunctiva (W. Krause), und im harten Gaumen (Merkel).

3) Der Axencylinder zerfällt in einen reichen Endbusch, dessen Aeste in bestimmte Beziehung zu Bindegewebsfibrillenbündeln treten. Derartige Endigungen finden sich in den Sehnen, woselbst sie verschieden benannt worden sind: „Nervenschollen", Rollett; „Endbüsche", Sachs; „Organi nervosi terminali musculo-tendinei", Golgi; „sensible Endplatten" und „Golgi'sche Sehnenspindeln", Kölliker; „piastre tendinee con terminazione cespugliata de nervi ad anella o a spirale", ev. (bei Anuren) „cespo nervoso finale", Ciaccio. Wegen des Näheren sehe man „Sehne".

4) Die feinsten Fäserchen der sehr reichen Endverästelung liegen über eine grössere Fläche hin ausgebreitet. So beschaffen ist die Endigung der sensiblen Muskelnerven. Die einzelnen Fäserchen endigen frei im Bindegewebe. Wegen des Näheren sehe man „Muskel".

C) Die periphere Endigung im Epithel. Die markhaltige Nervenfaser verliert an der Epithelgrenze angelangt ihre Markscheide, der Axencylinder verästelt sich mehr oder weniger reichlich zwischen den Epithelzellen, in deren Intercellularräumen die Fäserchen hinlaufen, bis sie schliesslich in zweierlei Weise endigen.

1) Die Aestchen des sich schwach oder mässig reichlich in einem langgestreckten Endbusch verästelnden Axencylinders endigen spitz oder knöpfchenförmig verdickt im Stratum mucosum bis in dessen oberste Schichten hinein. Als Beispiel diene Figur 142 A.

2) Die Aestchen des sich reichlich in einem mehr flach ausgebreiteten Endbusch verästelnden Axencylinders endigen mit flachen ausgezackten Endscheiben („disques tactiles", „ménisques tactiles", Ranvier; „Tastplatten", „Tastscheiben", Hesse 7, 1878 p. 288 ff.) an der proximalen Fläche von eigenthümlichen in den tiefsten Schichten des Stratum mucosum gelegenen Zellen (Figur 142 B). Ranvier bezeichnet diese Art der Nervenendigung auch als „terminaison hédériforme". Nach Merkel (37) endigen die Nervenäste in den Zellen, daher „Tastzellen", welche dann als Nervenzellen aufzufassen wären.

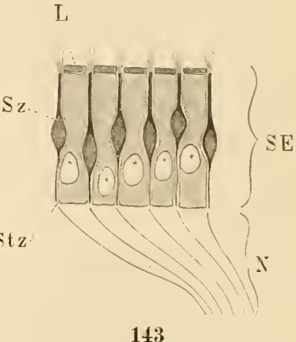
Wegen des Näheren sehe man „Haut“ (vergl. oben „Tastkörperchen“ und das Folgende).

II) Der Axencylinder endigt in einer Zelle.

A) In einer Sinneszelle. Nach unseren jetzigen Anschauungen darf man eigentlich nicht sagen: „die Nervenfaser e n d i g t in der Sinneszelle“, sondern man muss annehmen, dass dieselbe in d e r S i n n e s z e l l e b e g i n n t. Gerade so wie in der Medullarplatte sich Neuroblasten von den Spongioblasten sondern, so geschieht dieses auch in dem Sinnesepithel. Wir finden hier später die Neuroblasten in den „Sinneszellen“, die Spongioblasten in den „Stützzellen“ wieder (Figur 143). Die hier entstandenen Nervenfasern würden mit Endbüschen im Centrum endigen. Als solches braucht nicht das Gehirn selbst

142

A) Senkrechter Schnitt durch die Haut der Fingerbeere eines Kindes von 50 Tagen. Goldchlorid. Freie Endigung mit Knöpfchen. C C = bindegewebiger Theil der Haut; E k n = Endknöpfchen der Nervenfäserchen; L z = LANGERHANS'sche Zelle; N = zutretender Nerv; Str corn, Str gran, Str muc = Stratum corneum, granulosum, mucosum der Epidermis. Die dunkelgefärbten Nervenfäserchen verlaufen zwischen den Epithelzellen. Mit der LANGERHANS-schen Zelle (Leukocyt) haben sie nichts zu thun und laufen nur an ihr, die ebenfalls sehr dunkel erscheint, vorbei. Copie n. RANVIER (9). *B)* Schnitt durch die Haut des Schweinerüssels senkrecht zur Oberfläche. Goldchlorid. Tastscheiben. Ep = Zelle des Stratum mucosum; N = aus der Lederhaut zur Epidermis tretender Nerv; Tsch = Tastscheibe; Tz = Tastzelle. Copie n. RANVIER (9).



143

Schema eines Sinnesepithels. L = Limitans; N = zutretende Nervenfasern; S E = Sinnesepithel; S t z Stützzelle; S z = Sinneszelle. Die Anschwellung in der Mitte derselben wird durch den Kern bedingt.

zu dienen, sondern es kann auch ein mehr peripher gelegenes Ganglion eingeschoben sein.

Sollte die Merkel'sche Anschauung, dass die „Tastzellen" Nervenzellen seien, sich als die richtige erweisen, so würden dieselben ebenfalls von Neuroblasten abstammen und die Endbüsche der aus ihnen hervorgehenden Axencylinder würden in den Spinalganglien oder in den Hinterhörnern gefunden werden müssen.

Das Nähere wird bei den einzelnen Sinnesorganen mitgetheilt werden.

B) In einer contractilen Zelle.

1) Die feinen Endäste, welche durch Theilung aus dem Axencylinder hervorgegangen sind, endigen jeder für sich in einer Zelle. So bei den glatten Muskeln und den quergestreiften einkernigen (s. „Muskel"). Diese Art der Endigung würde einen ziemlich reichen und weitläufigen Endbusch voraussetzen.

2) Die ganze Endverästelung bleibt auf einem kleinen Raume zusammen, es entsteht ein „Endgeweih". So finden wir die Endigung bei den quergestreiften vielkernigen Muskelzellen (siehe diese), welche physiologisch einer grossen Anzahl von Zellen entsprechen. Das bei ihnen vorkommende „Endgeweih" entspricht demgemäss physiologisch ebenfalls einer grösseren Anzahl von Endigungen und einem verschieden reichlich verästelten Endbusch.

C) In einer Drüsenzelle. Die directe Verbindung von Drüsenzellen mit Nervenfasern ist mehrfach behauptet worden (Pflüger, Kupffer u. A.), muss aber, wie mir scheint, als noch nicht sicher erwiesen angesehen werden. In letzter Zeit haben Fusari und Panasci (13, XIV) nach Anwendung der Golgi'schen Methode auf die Zungendrüsen gefunden, dass die feinsten Nervenfäserchen zwischen den Drüsenzellen hinlaufen, diese umgebend. Darnach würde es sich auch hier um eine freie Nervenendigung handeln, um eine Art von Endbusch mit Einwirkung auf die in Contiguität befindlichen Drüsenzellen. Eine Bestätigung dieses Befundes muss abgewartet werden.

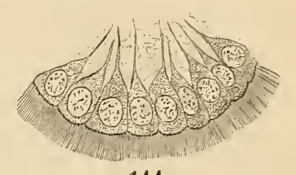
E) Das Stützgewebe des centralen Nervensystems.

Zwischen den nervösen Elementen des centralen Nervensystems liegt eine grosse Anzahl von Stützzellen, welche lange feine faserartige Fortsätze aussenden, die sich durchflechten und so ev. ein sehr dichtes Fasernetz hervorgehen lassen. Dieselben Elemente finden sich auch in der Retina, welche ja einen Gehirntheil darstellt. Diese

Stützzellen stammen gleich den Nervenzellen von ektodermalen Epithelzellen ab, sind daher von dem Bindegewebe durchaus verschieden. Aus diesem Grunde erscheint es richtig, sie an dieser Stelle zu erwähnen, wenn auch vieles Nähere erst bei der Besprechung der Centralorgane mitzutheilen sein wird.

Die Stützzellen (Zellen der Neuroglia [Virchow], Gliazellen) zerfallen ihrer Lage und Form nach in zwei Abtheilungen: diejenigen, welche die Höhlen des Centralnervensystems auskleiden und die zwischen die nervösen Elemente eingeschobenen.

1) Das Höhlenepithel. Die Zellen dieses haben noch am meisten den epithelialen Typus bewahrt, erscheinen ähnlich einem einreihigen cylindrischen Flimmerepithel (Figur 144) und senden lange, feine Fortsätze in die Substanz des Organs, welche sich ev. bis zur äusseren Peripherie verfolgen lassen (vergl. p. 83). Sie gehen nach His gleich den Nervenzellen (Neuroblasten) aus dem Epithel der Medullarplatte hervor als Spongioblasten. His unterscheidet an diesen bei Embryonen eine innere Randzone, die Säulenschicht, welche aus faserig gestreiften, durch Spalten von einander getrennten Pfeilern besteht, die nach einwärts sich verbreitern und zu einer dünnen Grenzschicht verbinden. Die äussere Randschicht oder der Randschleier bildet nach ihm anfangs ein äusserst dichtes, später weitmaschiges Astwerk, das von radiären, an der Peripherie verbreitert auslaufenden Strahlen durchsetzt erscheint. Bei erwachsenen Thieren habe ich bis jetzt nur glatte, die Substanz durchsetzende, mehrfach sich theilende Fasern gesehen, nicht solch ein dichtes aus seitlich abtretenden Aesten gebildetes Netzwerk (Myelo- oder Neurospongium), ebenso in der Retina. Ich werde bei der Besprechung des Centralnervensystems noch näher auf diesen Punkt einzugehen haben.



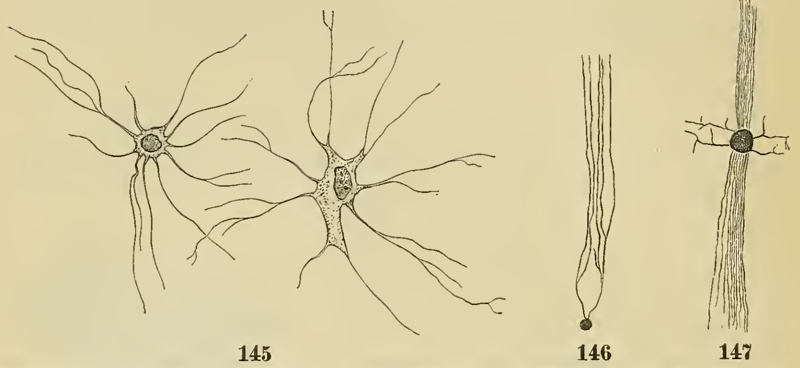
144

Epithel aus dem Ventriculus lateralis der Katze. Schnitt. Vergrösserung 525.

Nach His entsprechen diesen Zellen auch die Stützzellen im Gehör-, Geruchs- und Geschmacksorgan.

2) Die in der Substanz des Organs zwischen den nervösen Elementen liegenden Stützzellen („Deiterssche Zellen“, „Spinnen- und Pinselzellen“ [Boll]). Diese hauptsächlich werden als Gliazellen bezeichnet. Sie besitzen durchschnittlich einen relativ kleinen Zellleib mit grossem Kern und eine

mitunter sehr grosse Menge von feinen und langen Fortsätzen, welche sich mehr oder weniger oft theilen können. Die kleinsten derartigen Zellen werden auch Körner genannt (solche der Stützsubstanz im Gegensatz zu den oben, p. 175, beschriebenen „nervösen Körnern"). Die Form und die Anordnung der Fortsätze sind sehr verschieden (Figuren 145, 146, 147). Werden die Zellen älter, so können, wie



145 Stützzellen (DEITERS'sche Zellen). Aus dem Kleinhirn des Kaninchens, isolirt nach Behandlung mit Methylmixtur. Vergr. 430.

146 **147** Stützzellen aus dem Kleinhirne des Kalbes. Bichromat-Osmium-Silber. Vergr. 100.

es scheint, die Fortsätze sich mehr und mehr von dem Zellleibe differenziren und so scheinbar zu wirklichen Fasern werden, welche dem Zellleibe, der natürlich ebenfalls verändert und vielleicht kleiner wird, nur anliegen. Ob diese scheinbaren Fasern bei völligem Schwunde des Zellleibes und des Kernes zu wirklichen getrennten Fasern werden können, erscheint noch zweifelhaft. Ranvier hat zuerst auf eine solche Differenzirung hingewiesen, Weigert (16, V p. 543) sie durch eine Färbungsmethode noch deutlicher erwiesen. Der Anschauung von Ranvier, dass die Zellen im erwachsenen Zustande keine Fortsätze besitzen, sondern dass diese nur durch Fasern, die an ihnen hin und über sie hin verlaufen, vorgetäuscht werden, kann ich mich nicht anschliessen. Sowohl aus dem Gehirn wie aus der Retina (1, XXVIII) habe ich zahlreiche Zellen isolirt, welche zweifellos sehr schöne sich verästelnde Fortsätze besassen. Dagegen ist es mir nach Beobachtung an der Retina wahrscheinlich, dass der protoplasmatische Zellleib und der Kern in manchen, bestimmten Fällen zu Grunde gehen und dass dann die differenzirten Fortsätze als ein (vielleicht auch mehrere) faserartiges ev. verästeltes Gebilde übrig bleiben können (vergl. dieserhalb „Retina"). — Nach His sollen diese Zellen nicht epithelialer, sondern bindegewebiger Abstammung sein.

Technische Bemerkungen.

1) Frische Nervenzellen. Sorgfältiges Zerzupfen eines sympathischen Ganglion von einem frisch getödteten Thiere in Jodserum. Ebenso Stückchen des Centralnervensystems (hierin dann auch viele markhaltige Nervenfasern mit theilweise gut isolirten Axencylindern).

2) Gehärtete Nervenzellen isolirt (sowohl für Nerven- wie Stützzellen), Gehirn- und Rückenmark.

a) nach SCHIEFFERDECKER: man macerire Stückchen in Methylmixtur oder Drittelalkohol für einige Tage, dann Schütteln eines kleinen Stückchens in wenig Aq. dest. im Reagensglase, Ausschütten in ein Uhrgläschen, Zusatz von einigen Tropfen einer concentrirten Lösung von pikrocarminsaurem Natron und von Glycerin zu dem Uhrgläschen, Schwefelsäure-Trockenapparat, b) nach DEITERS: Maceration zuerst für 2 Tage in Chromsäurelösung von 1:15000 bis 1:5000, dann für 2 bis 3 Tage in steigenden Lösungen von doppeltchromsaurem Kali 1:1000, 1:500, 1:250. Bei sehr widerstandsfähigen Theilen (Rückenmark vom Ochsen) schiebe man zwischen beides noch eine einstündige Einwirkung von Kali causticum ein (1 Tropfen des officinellen auf 30 cc. Wasser) mit nachheriger gründlicher Neutralisirung durch Oxalsäure oder sehr verdünnte Chromsäure. Sorgfältiges Zerzupfen.

2) Isolirte Zellen der Spinalganglien und sympathischen Ganglien. Die Spinalganglien der Lumbalnerven des Frosches präparire man frei (am besten, nachdem man die Wirbelkörper der Länge der Wirbelsäule nach mit der Scheere gespalten hat [LENHOSSÉK]), von den sympathischen Ganglien nehme man die drei obersten, lege dieselben für etwa $^3/_4$ Stunden in einprocentige Osmiumsäure, macerire dann im Brütofen entweder in Glycerin und Eisessig zu gleichen Theilen 3 bis 4 Tage (LENHOSSÉK 1, XXVI), oder in Glycerin-Salzsäure (1 $^0/_0$ starker Salzsäure), 24 Stunden (SCHWALBE). Die grösseren Ganglien der Säuger lasse man länger in der Osmiumlösung und macerire dann in Glycerin-Salzsäure (3 bis 4 $^0/_0$) (SCHWALBE) mehrere Tage. Dann sehr vorsichtiges Zerzupfen in Glycerin oder vorsichtiges Schütteln, eventuell genügt schon das Auflegen des Deckglases, wenigstens wenn ein Zerzupfen in Stückchen schon erfolgt ist.

3) Ausgezeichnete Bilder von Nerven- und Stützzellen in situ ergeben Schnitte von Stücken des Centralnervensystems, die nach der GOLGI'schen Silber- oder Sublimatmethode, resp. nach der Silbermethode von RAMÓN Y CAJAL behandelt sind. Alle nicht markhaltigen Fortsätze treten sehr scharf hervor. Es ist dabei sehr schwer, Nerven- und Stützgewebe auseinanderzuhalten.

4) Das Netz der Spiralfaser an den sympathischen Zellen des Frosches tritt am besten nach Methylenblauinjection des lebenden Frosches hervor, dann sehr vorsichtige und allmähliche Fixirung durch pikrinsaures Ammoniak-Glycerin zu gleichen Theilen (RETZIUS).

5) Lebende Nervenfasern, markhaltig a) in der Lunge des Frosches mittels des HOLMGREN'schen Apparates, b) in der Zunge des Frosches nach Ausspannung dieser über einen Korkring.

6) Frische Nervenfasern nach dem Tode. a) Ischiadicus des frisch getödteten Frosches, den man in Jodserum oder noch besser in dem Blutserum des betreffenden Thieres zerzupft: gut erhaltene doppelt-conturirte Fasern und solche mit Gerinnungserscheinungen. — Bei Zusatz von Wasser Quellungserscheinungen, Fliessen des Marks etc. — Bei Zerzupfen in physiologischer Kochsalzlösung nach einiger Zeit: Federseelenform des Axencylinders, bei Zusatz von Wasser wieder Quellung, b) Trigeminus des frisch getödteten Neunauges: mächtige Axencylinder ohne Markhülle: Axenstrang, Fibrillen. Nur im Blutserum des betreffenden Thieres, c) in situ: in der Palpebra tertia des Frosches frisch unter das Mikroskop gebracht.

7) Silberbilder. a) Einlegen von frischem Rückenmark (kleine Stückchen oder Scheiben) oder von einem peripheren Nerven (mit Igelstacheln auf einer Korkscheibe ausgespannt) in 0,25procentige Lösung von Argentum nitricum für 24 Stunden, Abwaschen, Zerzupfen des Nerven in Glycerin. Das Rückenmark wird in Alkohol gehärtet, in Celloidin eingebettet, dann geschnitten, in Glycerin oder Balsam aufgehoben: bei beiden Ranvier'sche Kreuze event. Frommann'sche Linien. — Zerzupft man das Rückenmark und behandelt es mit Chloroform (dann Einlegen in Balsam), so erhält man die Zwischenscheiben für sich und oft wunderschöne Frommann-sche Linien. (Am besten Rückenmark vom Ochsen.) b) Silber-Osmium nach Boveri (Arg. nitr. 1 % und Osmiumsäure 1 % zu gleichen Theilen) hier hinein ein ausgespannter Nerv für 24 Stunden, dann Auswaschen, Zerzupfen in Glycerin. Markscheide sowie Zwischenscheibe und Zwischentrichter gefärbt, die erstere mit Osmium, die anderen mit Silber. Am besten für Nerven mit zarter Markscheide, daher sehr gut für ganz junge Thiere.

8) Osmiumbehandlung. a) Stückchen von frischem Rückenmark oder ausgespannter Nerv (Ischiadicus vom Frosch) in eine 0,5 bis 1procentige Lösung für 24 Stunden. Zerzupfen in Glycerin. Die Fasern sind nicht alle gleich gut conservirt, die guten zeigen eine glatte Markscheide mit schönen Einkerbungen und Schnürringen. Die Rückenmarksfasern brechen an den Schnürringen sehr leicht durch, zeigen aber oft sehr schöne Einkerbungen. — Behandelt man solche Präparate mit verdünnter Kalilauge, so quellen die Zwischenscheiben und Zwischentrichter zuerst, werden dann aufgelöst, und die unversehrten Segmente werden frei, bei der peripheren Faser noch zusammengehalten von dem Neurilemm. b) Der frische N. Ischiadicus des Frosches wird ausgespannt in 0,5procentiger Lösung der Ueberosmiumsäure fixirt (4 Stunden), dann in Wasser ausgewaschen (4 Stunden), dann kleine Stückchen desselben in 90procentigem Alkohol gehärtet (24 Stunden), dann in eine concentrirte wässerige Lösung von Säurefuchsin gelegt (24 Stunden), dann in Alkohol absol. ausgezogen (24 Stunden), darauf in Paraffin eingebettet und gut orientirt der Länge und der Quere nach geschnitten (Kupffer): Fibrillen erscheinen rothgefärbt.

9) Aufblätterung der Markscheide fixirt erhält man an peripheren oder noch besser centralen Fasern nach dem gewöhnlichen Verfahren der Härtung in Müller'scher Flüssigkeit. Darin dann auch die Zwischentrichter.

10) Die SCHWANN'sche Scheide tritt an frischen etwas quellenden Nerven vor, man kann ihre Kerne noch durch Zusatz von Anilinfarben klarer machen. — Für sich stellt man sie dar, wenn man einen peripheren Osmiumnerven für einen oder mehrere Tage in verdünntes Ammoniak (20 bis 30 Tropfen auf 10 cc. Wasser) legt, dann in Wasser oder Glycerin zerzupft (KUHNT). Die Markscheide und der Axencylinder zerfallen dann in feine Körnchen, die leere Scheide bleibt übrig. — Noch besser scheint es mir zu sein, einen peripheren Nerven mit Ammonium chromicum oder bichromicum 1:1000 bis 5000 einen oder mehrere Tage zu behandeln. Die Markscheide wird aufgelöst, Axencylinder und Scheide bleiben erhalten (SCHIEFFERDECKER).

11) Den Axencylinder kann man schnell sichtbar machen, wenn man einen peripheren Nerven in Chloroform zerzupft oder auf den halbtrocken zerzupften Nerven einen Tropfen Collodium und dann ein Deckglas legt. — Sehr schöne Axencylinder erhält man auch aus dem Centralnervensystem nach Behandlung mit Methylmixtur oder Drittelalkohol (s. Nr. 21a) und nach Fixirung in einprocentiger Osmiumsäurelösung mit darauf folgender Maceration in Glycerin-Salzsäure (s. Nr. 22). — Auch nach Härtung von Rückenmark in MÜLLER'scher Flüssigkeit mit darauf folgendem Zerzupfen, erhält man leicht Bilder, auf denen man den Axencylinder mehr oder weniger weit frei hervorragen sieht, doch ist die Conservirung desselben nicht sehr schön. — Einigermassen in situ sieht man den Axencylinder auch sehr klar nach Behandlung mit Ammonium chromicum (s. Nr. 10).

12) Eine specifische Axencylinderfärbung giebt das Methylenblau dem lebenden Thiere injicirt. Durch diese Methode gelingt es auch am besten die umspinnenden Netze der Spiralfasern bei den Sympathicuszellen des Frosches deutlich zu machen (vergl. Nr. 4).

13) Nervenfibrillen im Axencylinder sieht man am besten bei lebendfrischen Neunaugenfasern (Trigeminus, vergl. Nr. 6) ev. auch bei den dicken Fasern von Krebs. Man fixirt die Neunaugenfasern am besten in HERMANN's Platinchlorid-Osmium-Essigsäure, doch geht auch Osmiumsäure 0,5%. Vergl. auch Nr. 8b.

SIEBENTES CAPITEL.

Ueber die chemische Zusammensetzung des Nervengewebes.

Aus dem vorigen Capitel ergiebt sich, dass man die dem Nervensystem zugehörigen Formelemente in Nervenfasern und Nervenzellen einzutheilen hat und dass die Nervenfasern in markhaltige und marklose zerfallen. Die chemischen Untersuchungen haben gezeigt, dass die Nervenzellen im Allgemeinen die Zusammensetzung entwicklungsfähiger Zellen besitzen, dass sie aber in zwei Punkten von dem allgemeinen Typus abweichen: erstens giebt es Nervenzellen, in denen das Nucleïn nicht mehr nachweisbar ist, zweitens sind die Nervenzellen reicher an Lecithin und Cholesterin als andere zellige Elemente. Die markhaltigen Nervenfasern weichen in chemischer Hinsicht viel mehr von den ursprünglichen Zellen ab. Die Verschiebung der quantitativen Verhältnisse ist bei ihnen noch grösser, sie enthalten noch mehr Cholesterin und Lecithin oder dem Lecithin ähnliche Substanzen. Das Nervenmark weist ausser den genannten primären Bestandtheilen noch zwei secundäre Stoffe auf, die für diese Gebilde charakteristisch sind, nämlich das Neurokeratin und das Protagon. Ueber die Zusammensetzung der marklosen Fasern ist wenig bekannt, auch wissen wir nichts Genaueres über die chemische Beschaffenheit des Axencylinders, als dass er eiweisshaltig ist.

Die secundären Bestandtheile der nervösen Organe sind folgende: Neurokeratin, Kephalin, Protagon, Kreatin, Taurin, Glykogen, Milchsäure, Inosit, Natriumverbindungen. Das Vorkommen von Harnsäure und Leucin ist zweifelhaft.

Die Reaction der frischen marklosen oder markarmen nervösen Gewebstheile (graue Substanz des Gehirns und Rückenmarks) wurde von den Forschern als mehr oder weniger deutlich sauer befunden; nach dem Absterben ist die saure Reaction eine unverkennbare, werden diese Theile mit verdünnter Kochsalzlösung durchspült, so ist ihre Reaction eine neutrale. Nach GSCHEIDLEN soll die saure Reaction durch die Gegenwart der Milchsäure bedingt sein. Die markreichen Theile reagiren neutral oder schwach alkalisch, und ihre Reaction ändert sich beim Absterben nicht. Wenn man markfreie oder markhaltige Substanz einige Zeit auf 45—50° erhitzt, so tritt saure Reaction ein, eine Thatsache, welche durch die Abspaltung von Phosphorsäure aus Nucleïn oder anderen organischen Verbindungen dieser Säure leicht erklärt werden kann.

Die Ausbildung des Nervenmarks erfolgt grösstentheils erst nach der Geburt, das embryonale Gehirn entspricht, wie die Untersuchungen von RASKE (20, Bd. X S. 336) gezeigt haben, auch in seiner chemischen Zusammensetzung der grauen Substanz des entwickelten Centralorgans.

Die Eiweisskörper.

Ueber die löslichen Eiweisssubstanzen des Nervengewebes ist nur wenig bekannt. PETROWSKY fand im Gehirn einen dem Myosin ähnlichen, in Kochsalzlösungen mittlerer Concentration löslichen, durch concentrirte Kochsalzlösung fällbaren Körper; ein anderer in der Kochsalzlösung enthaltener Eiweissstoff soll in Wasser löslich sein, bei 75° gerinnen und der weissen Substanz fehlen. Aus den Analysen von PETROWSKY (6, Bd. VII S. 367) und BAUMSTARK (20, Bd. IX S. 209) muss man schliessen, dass die Nervenzellen sehr viel mehr Eiweiss enthalten, als die markhaltigen Fasern. Die graue Substanz des Gehirns z. B. ergab nach BAUMSTARK 30,89 % Eiweiss (berechnet auf die wasserfreie Gehirnsubstanz) und in dieser Menge ist das Nucleïn nicht einbegriffen. Hiervon waren 4,46 % in Wasser lösliches und 26,43 % unlösliches Eiweiss. Die weisse Substanz enthält nach demselben Analytiker 19,33 % Eiweiss (ohne Neurokeratin und Nucleïn) davon 2,91 % in Wasser löslich und 16,42 % unlöslich.

Auch Nucleïn ist im Nervengewebe enthalten, quantitative Bestimmungen dieser Substanz sind hier aber noch grossen Fehlern ausgesetzt. Entsprechend der Menge des Nucleïns wird bei der Einwirkung siedender verdünnter Säuren oder bei der spontanen Zersetzung der Nervensubstanz Xanthin, Guanin, Hypoxanthin und wahrscheinlich

auch Adenin gewonnen. Ich fand als Summe des Hypoxanthins, Guanins und Adenins ungefähr 0,027 % der feuchten Substanz des Gehirns (20, Bd. VII S. 7).

Nach den mikrochemischen Untersuchungen von Witkowski (67, Bd. XIII, Heft 3) geben die „Körner" alle oder zum grössten Theil deutliche Nucleïnreaction. Von den grossen Ganglienzellen dagegen zeigt beim erwachsenen Individuum nur ein kleiner Theil Nucleïngehalt des Kerns, die Mehrzahl der Kerne dieser Zellen sind nucleïnfrei. Diese Thatsache bietet eine Erklärung für die mangelnde Tinctionsfähigkeit dieser Zellkerne, welche im vorigen Capitel erwähnt wurde (p. 175). Auch stimmt damit die von mehreren Forschern (Hoppe-Seyler 19, S. 676) mitgetheilte Beobachtung überein, nach welcher die Asche der Ganglienzelle nach vorheriger Entfernung des Lecithins alkalisch reagirt, bei erheblichem Nucleïngehalt müsste man eine saure Reaction erwarten.

In der embryonalen Periode sind diese Zellen alle sehr reich an Nucleïn und dieser Nucleïnreichthum lässt sich nach Witkowski bis weit über die Zeit deutlicher Differenzirung der nervösen von den bindegewebigen Anlagen hinaus verfolgen. Solange mithin eine lebhafte Vermehrung der Zellen stattfindet, ist der Nucleïngehalt ein reicher, wenn die Ganglienzelle für ihre eigentliche Function ausgebildet ist und Neubildungsprocesse an ihr nicht mehr nachzuweisen sind, verschwindet das Nucleïn allmählig aus dem Zellkern. Dies Verhältniss ist eine Stütze für die von mir ausgesprochene Ansicht, nach welcher die physiologische Function des Nucleïns in einer Production neuer organischer Substanz zu suchen sei (vergl. Cap. II). Die gleiche Beobachtung habe ich beim Muskel gemacht, im embryonalen Zustand ist der Nucleïngehalt desselben ein beträchtlicher, der Muskel des ausgewachsenen Thiers enthält nur geringe Mengen davon.

Als Neurokeratin ist von Ewald und Kühne (68) eine in markhaltigen nervösen Organen vorhandene Substanz bezeichnet worden, welche sich durch Unlöslichkeit in verdünnter Aetzalkalilösung und durch Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung von Pepsin und Trypsin von den meisten gewebsbildenden Eiweisskörpern unterscheidet. Die Eigenschaften dieser Substanz sind schon im ersten Bande (S. 264) angegeben, daselbst ist auch auf die Aehnlichkeit des Neurokeratins mit andern unlöslichen Eiweissstoffen hingewiesen. Seine Zusammensetzung unterscheidet sich, wie die Analysen von Kühne und Chittenden (10, XXVI, S. 291) lehren, von der der übrigen Eiweisskörper durch einen hohen Gehalt an Kohlenstoff (56—58 % C)

und Wasserstoff (7,3—8 % *H*) und einen niedrigen Stickstoffgehalt (11,5—14 % *N*), es enthält 1,8—2,2 % Schwefel. Die Darstellung dieser Substanz beruht darauf, dass man die übrigen Bestandtheile der Nerven durch Pepsin, Trypsin, Alkohol, Aether, Benzol, Natronlauge fortschafft. Es bleibt das Neurokeratin an Stelle des Nervenmarks zurück. Die zurückbleibende Masse bildet zwei Scheiden, deren äussere unter der Schwann'schen Scheide gelegen ist, während die innere den Axencylinder umgiebt, beide sind durch ein knorriges Gerüst von Neurokeratinmassen verbunden. Dies ist das Bild, welches sich nach der beschriebenen Präparation darbietet, ob die Anordnung des Neurokeratins im Mark des lebenden Nerven die gleiche ist, das ist noch nicht festgestellt und wird von vielen Autoren bezweifelt. —

Das Neurokeratin scheint andern Geweben des thierischen Organismus zu fehlen, nur die verhornten Theile der Oberhaut hinterlassen bei gleicher Behandlung eine ähnliche unlösliche Masse (Keratin). Das embryonale Gehirn giebt nach Witkowski (67, Bd. XIV, Heft 1) kein Neurokeratin.

Die Menge des in den peripherischen Nervenfasern enthaltenen Neurokeratins beträgt nach den Analysen von J. Chevalier (20, Bd. X S. 97) 0,30 % des feuchten, Fett und Bindegewebe enthaltenden, Nerven. Berechnet man diese Analyse auf den festen Rückstand der von Bindegewebe und Fett befreiten Nervensubstanz, so ergiebt sich 3,07 %. Kühne und Chittenden fanden in Uebereinstimmung damit 0,3 % Neurokeratin in den feuchten peripherischen Nerven, hingegen 2,902 % dieses Körpers in der feuchten weissen Substanz des Gehirns, letztere enthält demnach fast zehnmal mehr Neurokeratin, als die Körpernerven; Baumstark fand etwas weniger Neurokeratin in der weissen Substanz des Gehirns (wahrscheinlich in Folge unvollständiger Abtrennung der grauen Substanz).

Lecithin, Kephalin, Protagon, Cholesterin.

Der Reichthum des Gehirns an diesen Stoffen verleiht dem Nervengewebe einen eigenthümlichen Charakter. Die Markscheide ist von ihnen erfüllt; die Ganglienzellen enthalten Lecithin und Cholesterin in grosser Menge, aber kein Protagon.

Der Inhalt der Markscheide wird gewöhnlich als „Nervenmark“ oder „Myelin“ bezeichnet. Ob das Myelin ein chemisches Individuum oder eine Mischung verschiedener Stoffe ist, wissen wir noch nicht; wäre ersteres der Fall, so dürfte die Verbindung zwischen

Lecithin, Protagon, Cholesterin u. s. w. nur eine sehr lockere sein, da sie schon durch indifferente Reagentien, wie Alkohol und Aether, gelöst wird. Die Untersuchungen von Baumstark machen es wahrscheinlich, dass das Cholesterin sich hier in einer leicht zerstörbaren chemischen Verbindung befindet.

Wir haben zunächst einige Eigenschaften des gesammten Nervenmarks zu erwähnen.

1) Die Löslichkeit des Nervenmarks. Man kann das Nervenmark durch successive Einwirkung von siedendem Alkohol, Aether, Benzol, auch Eisessig und Chloroform, völlig auflösen. Da ein Theil der aus dem Nervenmark hervorgehenden Substanzen die Neigung hat, in unlösliche Modificationen überzugehen, so bedarf es einer sehr lange fortgesetzten und energischen Einwirkung der Lösungsmittel. Aus den Analysen von Petrowsky ergiebt sich, dass ungefähr 70 Procent der festen Bestandtheile von der weissen Substanz des Gehirns in dieser Weise aufgelöst werden können[1].

2) Die Myelinformen. Wenn Wasser oder eine wässerige Lösung von Säuren oder Salzen auf das seiner Hülle theilweise beraubte Nervenmark einwirken, so zeigen sich Quellungserscheinungen, welche mehrfach beschrieben und abgebildet sind (vergl. voriges Capitel). Man sieht keulen- und schlauchförmige Gestalten, welche sich an ihrer Peripherie in concentrische, die mittleren Theile mantelartig einhüllende, lamellöse Schichten spalten. Man beobachtet diese Quellungsformen fast stets an Alkohol-Extracten der Gewebe; im Nervenmark sind sie hauptsächlich durch die Gegenwart von Kephalin und Lecithin bedingt, welche beide diese „Myelinformen" zeigen, wenn sie mit Wasser in Berührung gebracht werden.

3) Die Einwirkung der Osmiumsäure. Das Nervenmark wird durch Osmiumsäure geschwärzt und zugleich gehärtet. Auch diese Eigenschaft ist hauptsächlich auf Kephalin und Lecithin zu beziehen.

4) Die Einwirkung concentrirter Schwefelsäure führt zur Zersetzung des Nervenmarks, gleichzeitig tritt eine gelbe Färbung auf, die in orange, rosen- oder mahagoniroth und röthlich-

---

[1]) Da die Einwirkung starken Alkohols in der Siedehitze die Bildung unlöslicher Substanzen aus Protagon begünstigt, so wende man zur Extraction des Nervenmarks zunächst, um das Protagon zu entfernen, 80—85procentigen Alkohol bei 50° an. Die am schwersten löslichen Stoffe aus dem Nervenmark werden durch Benzol oder Eisessig bei Siedetemperatur entfernt.

violett übergeht. Diese Rothfärbung ist der PETTENKOFER'schen Reaction auf Gallensäuren ähnlich, sie lässt sich auch durch die Einwirkung concentrirter Schwefelsäure und Furfurol auf Lecithin und die daraus entstehende Oelsäure (MYLIUS 20, Bd. XI S. 495), ebenso durch die Einwirkung von Schwefelsäure allein auf Cerebrin und Kerasin hervorrufen (s. unten).

Das Lecithin wurde zuerst von GOBLEY als Bestandtheil des Gehirns bezeichnet; THUDICHUM (69, S. 36 u. f.) giebt an, es als weissen, in dünnen Blättchen krystallisirenden Körper aus dem Gehirn gewonnen zu haben. Neben dem Cholin und der Glycerinphosphorsäure lieferte diese aus dem Gehirn dargestellte Substanz bei der Zersetzung Palmitinsäure, Stearinsäure und Oelsäure.

Unter dem Namen Kephalin hat Thudichum (69, S. 120) eine Substanz beschrieben, welche in ihren Eigenschaften und in ihrer Zusammensetzung dem Lecithin nahe steht und wahrscheinlich oft mit ihm verwechselt ist; ich kann die Existenz dieses Körpers bestätigen. Das Kephalin ist im Gehirn der höheren Thiere in grösserer Menge vorhanden, als das Lecithin. Es ist in Aether löslich, in Alkohol schwer löslich, durch Alkohol aus ätherischer Lösung fällbar (Unterschied vom Lecithin), in Wasser quillt es zu einer trüben unvollständigen Lösung, aus welcher es durch Säuren compact ausgeschieden wird. Das Kephalin bildet wie das Lecithin Doppelverbindungen mit den Salzen schwerer Metalle. Beim Kochen mit Alkalien zersetzt es sich nach THUDICHUM unter Bildung von Glycerin, Phosphorsäure, Stearinsäure, organischen Basen, darunter Neurin und einer sehr zersetzlichen stickstofffreien Säure: „Kephalinsäure". Durch Osmiumsäure wird das Kephalin sofort schwarz gefärbt.

THUDICHUM hat noch eine grosse Anzahl ähnlicher, Phosphor und Stickstoff enthaltender, Bestandtheile des Gehirns angeführt, z. B. die „Myeline", „Paramyeline", welche noch eingehender Untersuchungen bedürfen. —

Als Protagon bezeichnete LIEBREICH (70) eine von ihm im Gehirn entdeckte Substanz, deren Constitution noch unbekannt ist, obwohl ihre Zersetzungsproducte zum grössten Theil schon von LIEBREICH bekannt gemacht wurden. Das Protagon ist in 85procentigem Alkohol bei gewöhnlicher Temperatur schwer löslich, bei 0° fast unlöslich, bei 40—50° leichter löslich, in absolutem Alkohol löst es sich auch in der Siedehitze nur in geringem Maasse. In Aether ist es im frisch krystallisirtem Zustande oder in der ursprünglichen Form, ehe es dem Gewebe entzogen war, bei gewöhnlicher Temperatur

ziemlich leicht, in der Siedehitze sehr leicht löslich, bei 0⁰ wird es fast völlig aus dieser Lösung abgeschieden. Es löst sich in Benzol, Eisessig und Aceton und quillt mit Wasser auf unter Bildung einer dünnen, Stärkekleister ähnlichen, Flüssigkeit. Beim Trocknen oder beim Erhitzen mit starkem Alkohol geht es leicht in eine unlösliche Modification über.

Das Protagon scheidet sich aus Alkohol und Aether in mikroskopischen Krystallen aus, die oft aus rosettenförmig gruppirten, manchmal aus isolirten Blättchen bestehen. Im ersteren Fall haben die Krystallgruppen häufig das Ansehen von scharf conturirten, radial gestreiften Knollen mit höckerigen oder gezackten Rändern. Durch Osmiumsäure wird es nicht geschwärzt (Gadund Heymans 70 A). Nach den übereinstimmenden Analysen von Gamgee und Blankenhorn (20, Bd. III S. 260), sowie von Baumstark (20, Bd. IX S. 145) enthält das Protagon ungefähr 66,5 % C; 10,8 % H; 2,3 % N; 1,07 % P. Aehnliche, wenn auch nicht genau die gleiche Werthe hatte bereits Liebreich bei der ersten Untersuchung gefunden. Die von mir dargestellten Präparate enthielten 0,5—0,8 % Schwefel und die Resultate meiner Analysen nähern sich am meisten den von Liebreich gefundenen Zahlen. Liebreich berechnete die Formel $C_{116} H_{241} PN_4 O_{22}$ aus den Resultaten seiner Analysen. Jedenfalls liegt in dem Protagon ein Körper vor, dessen Reindarstellung von mehreren schwer zu beherrschenden Bedingungen abhängt, vielleicht giebt es auch mehrere Protagone.

Das Protagon ist leicht zersetzlich, nach Liebreich wird es schon umgewandelt, wenn es mit Alkohol auf dessen Siedetemperatur erhitzt wird. Auch längere Einwirkung von siedendem Aether bewirkt Zersetzung. Bei der Spaltung des Protagons durch Baryt bilden sich nach Liebreich höhere Fettsäuren, Glycerinphosphorsäure, Neurin und Zucker, bei gelinderer Einwirkung entstehen, wie ich feststellen konnte, Cerebrin und Kerasin in beträchtlichen Mengen.

Die Cerebrine (Cerebroside Thudichum's) werden von manchen Autoren für präformirte Bestandtheile des Gehirns angesehen [1].

Wie Parcus (71) zuerst dargethan hat, muss man mehrere einander ähnliche Körper unterscheiden, von denen bisher nur zwei genauer untersucht sind 1) das Cerebrin, 2) das Kerasin oder

---

[1]) Cerebrine finden sich auch in anderen Organen des Thierkörpers, unabhängig vom Nervensystem. Hoppe-Seyler fand Cerebrin im Eiter und in der Milz. Ich konnte es in den Spermatozoen nachweisen.

Homocerebrin. Weniger gut bekannt ist das Enkephalin. Diese Substanzen liefern bei ihrer Zersetzung durch Säuren Galactose (THIERFELDER 20, Bd. XIV, S. 209), daneben entsteht eine Substanz, welche unter der Einwirkung schmelzenden Kalis Palmitinsäure giebt und Cetylid genannt ist (GEOGHEGAN 20, Bd. III, S. 332).

Das Cerebrin (Phrenosin) ist in heissem absoluten Alkohol leicht, in kaltem schwer löslich, in warmem Aceton, Chloroform, Benzol löslich, in warmem oder kaltem Aether und in Wasser unlöslich. Es scheidet sich in knolligen Aggregaten aus, welche sehr durchsichtig sind und glatte Ränder besitzen (Unterschied vom Protagon). Die Formel ist nach PARCUS, dessen Analysen ich bestätigen kann, vielleicht $C_{80} H_{160} N_2 O_{15}$. Mit concentrirter Schwefelsäure in einer Porcellanschale schwach erwärmt giebt das Cerebrin, wie oben erwähnt, eine Rothfärbung, welche in der Kälte langsam (bei Zusatz von etwas Rohrzucker sofort) entsteht[1].

Das Kerasin (Homocerebrin) ist in allen Lösungmitteln etwas leichter löslich als Cerebrin, nach PARCUS ist es in heissem Aether löslich; in Wasser quillt es, ohne einen Kleister zu bilden. Es krystallisirt in langen Nadeln, welche so fein sind, dass die Ausscheidung eine gelatinöse Beschaffenheit annehmen kann. Mit concentrirter Schwefelsäure giebt es dieselbe Reaction wie Cerebrin. Weder Cerebrin noch Kerasin werden durch Osmiumsäure schwarz gefärbt. Die Formel des Kerasins unterscheidet sich nach PARCUS von der des Cerebrin durch den Mindergehalt von einem Molekül Wasser.

Sowohl Cerebrin wie Kerasin entstehen aus dem Protagon (oder aus den Protagonen), ihre Bindung kann nur eine lockere sein, da sie schon durch geringe Eingriffe, zum Beispiel durch die Einwirkung von Salzen schwerer Metalle, gelöst wird.

Das Protagon und seine Spaltungsproducte fehlen, wie die Analysen von PETROWSKY zeigen, den Nervenzellen vollständig oder fast vollständig, es ist ein charakteristischer Bestandtheil des Nerven-

[1]) Diese Farbenerscheinung erinnert an PETTENKOFER's Reatcion auf Gallensäuren, welche durch gleichzeitige Einwirkung von concentrirter Schwefelsäure und Rohrzucker auf Cholalsäure u. s. w. hervorgerufen wird. PETTENKOFER's Reaction wird bewirkt durch das Furfurol, welches sich aus Zucker und Schwefelsäure bildet. Wahrscheinlich ist auch beim Cerebrin die Rothfärbung durch Furfurol bedingt; letzteres könnte durch Einwirkung der Schwefelsäure auf den im Cerebrin enthaltenen Zucker hervorgehn. — Während die analoge Reaction der Gallensäuren nach Zusatz von Wasser bestehen bleibt, verschwindet die durch Cerebrin hervorgerufene Rothfärbung beim Verdünnen.

marks. Auch das embryonale Gehirn liefert kein Cerebrin (Raske), kann also auch kein Protagon enthalten. Baumstark bestimmte die Menge des Protagons in der weissen Substanz des Gehirns zu 8,24 % der festen Substanz.

Das Enkephalin bildet sich nach Parcus wahrscheinlich aus dem Cerebrin oder Homocerebrin durch weitere Zersetzung, es steht hinsichtlich seiner Eigenschaften und seiner Zusammensetzung dem Kerasin nahe.

Thudichum hat noch eine Reihe von Substanzen beschrieben, die zum Theil dem Protagon ähnlich sind, zum Theil keinen Phosphor enthalten. Es lässt sich noch nicht beurtheilen, inwiefern diese Körper ursprüngliche Bestandtheile des Gehirns oder Zersetzungsproducte complicirterer Verbindungen sind. Auch das Jecorin, welches Drechsel in der Leber entdeckte und welches Baldi (72) später im menschlichen Gehirn auffand, ist dem Protagon ähnlich. Alle diese Substanzen bedürfen noch einer schärferen chemischen Charakterisirung, auch ist über ihre Zugehörigkeit zu den morphologischen Bestandtheilen des Nervensystems nichts bekannt.

Das Cholesterin findet sich im Gehirn nach Baumstark sowohl im freien, wie im gebundenen Zustande, doch kann diese Verbindung nur eine sehr lockere sein. Die Gesammtmenge des Cholesterins in der weissen Substanz des Gehirns beträgt 14,82 % des Trockenrückstandes, davon ist 5,97 % im freien und 8,84 % im gebundenen Zustande vorhanden (Baumstark). In der grauen Substanz, die nur unvollständig von der weissen getrennt werden kann, fand sich 10,35 % Cholesterin, davon 2,74 % frei und 7,61 % gebunden. Petrowsky fand bedeutend höhere Zahlen für das Cholesterin, indess auch hier ist der Gehalt der weissen Substanz an Cholesterin beträchtlich höher als der der grauen Substanz. J. Chevalier fand in der Nervenfaser 12,22 % Cholesterin. Wir müssen somit annehmen, dass das Nervenmark zum Theil aus Cholesterin besteht, dass aber auch die Ganglienzellen reich daran sind.

Die übrigen Bestandtheile des Nervengewebes.

Die jetzt zu erwähnenden Stoffe treten an Menge hinter den beschriebenen sehr zurück. Im Gehirn des Menschen wurde von W. Müller (73) Kreatin in geringer Menge aufgefunden. Ferner sind unbedeutende Quantitäten von Taurin, von Essigsäure und Ameisensäure nachweisbar, in grösserer Menge ist Inosit und Milchsäure und zwar Gährungsmilchsäure vorhanden. Die letztere

gehört nach Gscheidlen nur der grauen Substanz des Gehirns an. Das Vorkommen von Leucin und Harnsäure muss als zweifelhaft betrachtet werden. Adenin, Guanin, Hypoxanthin und Xanthin finden sich als Bestandtheile des Nucleïns vor und treten nach dessen Zersetzung in freiem Zustande auf.

Ueber die Vertheilung der anorganischen Stoffe in den verschiedenen Elementen des Nervensystems ist noch nichts bekannt, aus einer Analyse Geoghegan's (20, Bd. I S. 330) geht hervor, dass im Nervengewebe K, Na, Ca, Cl, H_3PO_4, H_2SO_4 vorhanden sind. Aus dem Vorhergegangenen ist ersichtlich, dass die Phosphorsäure und die Schwefelsäure zum grössten Theil in organischer Verbindung vorhanden sind, ebenso sind auch Kalium und Natrium zum Theil an das Protagon gebunden. Geoghegan stellte seine Untersuchungen an, indem er die Gehirnsubstanz (vom Menschen) nach vorheriger Abtrennung der in Aether löslichen Stoffe und des Nucleïns veraschte; wir führen die Resultate einer dieser Aschenanalysen an. Die Zahlen sind auf 1000 gr. Gehirn berechnet.

K_2SO_4	0,246
KCl	2,776
HK_2PO_4	0,472
$Ca_3(PO_4)_2$	0,036
$MgHPO_4$	0,300
HNa_2PO_4	2,212
Na_2CO_3	0,440
überschüssiges Na	0,064
$FePO_4$	0,048

Der Wassergehalt der grauen Substanz des menschlichen Gehirns beträgt 83—84 %, der der weissen Substanz 68—70 %, die peripherischen Nerven des Menschen enthalten 66,28 % (Chevalier). Das embryonale Gehirn ist viel wasserreicher, beim Rindsembryo fand Raske (20, Bd. X, S. 342) fast 91 % Wasser.

ACHTES CAPITEL.

Morphologie der Bindegewebsgruppe und einiger zu ihr gehörender Organe.

Allgemeines.

Die Bindegewebsgruppe, auch die Gruppe der Bindesubstanzen genannt, weicht von den bisher behandelten Geweben sowohl in Bezug auf ihre histologische Beschaffenheit wie in Hinsicht ihrer Abstammung wesentlich ab.

Histologisch zeichnen sich die Bindesubstanzen nach zwei Richtungen hin aus:

1) sie weisen eine sehr grosse Mannigfaltigkeit der Formen auf. Der Grund hierfür ist der, dass sie sehr verschiedene Functionen zu erfüllen haben, infolgedessen verschiedenartige Differenzirung;

2) in den meisten Formen tritt die Intercellularsubstanz in den Vordergrund und wird sowohl nach Masse wie Beschaffenheit bestimmend für die Function.

Abstammung. Dieselbe ist noch zweifelhaft. Nach der einen Anschauung entstehen die Bindesubstanzen aus dem Mesoderm, nach der anderen wandern ihre Urelemente als parablastische Gebilde (im Gegensatze zu den archiblastischen) in das Mesoderm ein (als Mesenchym), und nur das Epithel (Endothel) der serösen Höhlen würde wirklich mesodermatischen Ursprungs sein.

Verbreitung. Die Bindesubstanzen sind durch den ganzen Körper hin verbreitet, wie noch des näheren aus der Betrachtung der einzelnen Abtheilungen hervorgehen wird.

Eintheilung. Als Hauptabtheilungen werde ich die folgenden unterscheiden:

Bindegewebe: Die Grundsubstanz ist, soweit solche sich vorfindet, mucinhaltig oder collagen, oder beides. Es finden sich häufig elastische Elemente in sie eingelagert.

Knorpel: Die Grundsubstanz ist chondrigen, doch finden sich in ihr eventuell elastische und collagene Elemente eingelagert.

Knochen und **Zahnbein** (Dentin): Die Grundsubstanz ist collagen, ausserdem aber auf das innigste durchsetzt von amorphen Ablagerungen verschiedener Kalksalze, welche für die Function der betreffenden Theile von der grössten Bedeutung sind.

Wie man bemerkt, erfolgt auch diese Haupteintheilung nach der Beschaffenheit der Grundsubstanz, die ja allerdings von der feineren Beschaffenheit der Zellen abhängt. Die Zellen sind hier wie überall die Bildner der Gewebe, ihre Bedeutung lässt das Product ihrer Thätigkeit, die sie umgebende Intercellularsubstanz, erkennen.

Ernährung: Saftströmungen. Da die Intercellularsubstanz an Masse wie an Bedeutung hier so sehr in den Vordergrund tritt, ist es auch nöthig, dass die Ernährung ganz besondere Wege einschlägt. Ueberall geht durch die Grundsubstanz ein Saftstrom von Zelle zu Zelle, von den Blutgefässen ausgehend zu den Lymphgefässen hin. Je nach der Beschaffenheit der Grundsubstanz und der Zellen ist die Form der Bahnen für diesen Saftstrom verschieden:

1) ist die Grundsubstanz sehr weich und wasserhaltig, dann schmiegt sie sich den Zellen und ihren etwaigen Ausläufern dicht an, der Strom geht durch die gesammte Masse der Grundsubstanz, ohne dass besondere Lücken erkennbar sind: Embryonales Bindegewebe, häufig das fibrilläre, namentlich das ungeordnete, lockere. Unter Umständen kann hierbei die Grundsubstanz ganz zurücktreten und es bleibt dann in den Lücken zwischen den Zellen nur Lymphe übrig: Reticuläres Gewebe der Lymphknoten;

2) ist die Grundsubstanz schon etwas resistenter ev. sehr resistent und besitzen die Zellen anastomosirende Ausläufer oder besassen sie solche zu einer Zeit der Entwickelung, so liegen die Zellkörper in Saftlücken, die Fortsätze in Saftkanälchen (v. Recklinghausen), welche ein Netz bilden: festeres fibrilläres Bindegewebe, fibröse Häute, Sehnen, Fascien, Cornea, Knochen;

3) ist die Grundsubstanz resistenter, besitzen die Zellen aber zu keiner Zeit anastomosirende Ausläufer, oder verschwinden diese

zu einer Zeit, da die Grundsubstanz noch weich ist, so ist kein Kanalsystem vorhanden, der Saftstrom zieht aber von Zelle zu Zelle entweder diffus durch die gesammte Grundsubstanz (falls diese eben sehr gleichmässig ist oder wenigstens homogen im Verhältnisse zu der Kraft des Saftstromes) oder auf Bahnen des geringsten Widerstandes. In letzterem Falle ist es noch durchaus unklar, wodurch diese bestimmt werden und welche Constanz denselben zukommt. Es sind dann also Saftlücken vorhanden, welche durch bestimmte Saftbahnen, nicht Saftkanälchen, mit einander verbunden sind. Eine Saftbahn aber ist ein Streifen Grundsubstanz, der mehr Lymphe zwischen den locker liegenden festen Theilen enthält als die Umgebung: Knorpel. Die hierauf bezüglichen Untersuchungen sind indessen noch lange nicht abgeschlossen. Es erscheint für jetzt möglich, dass je nach den Ernährungsbedingungen in demselben Knorpel zu verschiedenen Zeiten ein diffuser oder ein auf bestimmte Bahnen beschränkter Saftstrom auftritt.

Wanderzellen. Diese so in der Grundsubstanz vorhandenen Bahnen benutzen sich bewegende Zellen, die Wanderzellen, welche zu den „lymphoiden Zellen" gehören (s. „Blut, Lymphe, Chylus") und weite Reisen durch den Körper machen, zu ihrem Fortkommen. In so weicher Grundsubstanz, dass Saftkanälchen in ihr nicht existiren, wandern sie wohl pfadlos. Ob sie auch die Saftbahnen des Knorpels zu benutzen vermögen, ist noch zweifelhaft.

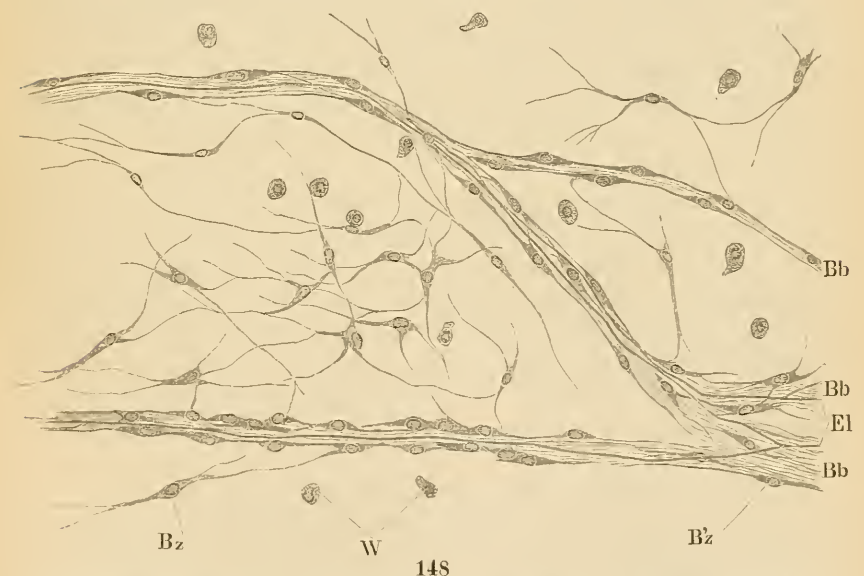
A. Bindegewebe.

Entwickelungsgeschichtlich treten von dem Bindegewebe, wie natürlich, zuerst die Zellen auf, die im Anfange rundlich-polygonal erscheinen, sehr bald aber nach verschiedenen Richtungen hin feine Fortsätze aussenden und so sternförmig werden. Es sind junge protoplasmatische Zellen mit schönem Kern. Dieselben scheiden eine Substanz aus, die sich zwischen ihnen ablagert, die Intercellularsubstanz, welche zuerst in geringer Menge auftritt und homogen erscheint. Im weiteren Verlaufe der Entwickelung bilden sich aus dieser einfachen Gewebsgrundlage allmählich alle jene mannigfaltigen Typen heraus, die wir sogleich kennen lernen werden.

I) Das embryonale Bindegewebe,

Gallertgewebe (Kölliker), Schleimgewebe (Virchow). Dadurch, dass die Intercellularsubstanz (auch Grundsubstanz genannt) an Mächtigkeit bedeutend zunimmt, während die Zellen

schöne lange Fortsätze aussenden, die mit denen benachbarter anastomosiren, entsteht ein charakteristisches Gewebe, das beim Embryo weit verbreitet ist und sich als Vorläufer verschiedener Bindegewebsformen des Erwachsenen darstellt. Die Grundsubstanz enthält Mucin (mit Essigsäure: Niederschlag in Form von körnigen Fädchen) oder eine mucinähnliche Substanz (s. das nächste Capitel); ersteres ist im Nabelstrange mit Sicherheit nachgewiesen (daher „Schleimgewebe"). Das Gewebe hat etwas gallertig durchsichtiges (daher: Gallertgewebe). Lange bekannt ist es als Grundgewebe der Nabelschnur, hier „WHARTON'sche Sulze" genannt, und leicht von dieser Oertlichkeit her zu untersuchen, am besten zunächst von einem jungen Embryo. Sehr früh treten in der Grundsubstanz Differenzirungen ein. Man sieht sehr feine blasse Fäserchen, die Fibrillen, die sich zu Bündeln, den Fibrillenbündeln, zusammen legen, die homogene Grundsubstanz durchziehen. Der Verlauf derselben ist bald gerade gestreckt, bald leicht wellig, je nach der Spannung des Gewebes (Figur 148 Bb). Die Bindegewebsfibrillenbündel können sich theilen



148

Embryonales Bindegewebe aus dem Nabelstrange eines jungen Rindsembryo. MÜLLER'sche Flüssigkeit, Alkohol, Hämatoxylin, zerzupft in Wasser. Vergr. 224. Bz = Bindegewebszelle, B'z = eine solche, die an einem Fibrillenbündel (Bb) anliegt, El = elastische Faser, W = Wanderzelle.

und die Theile können sich wieder anderen anlegen, so dass Netze der Bündel entstehen, niemals aber theilt sich eine Fibrille

oder verbindet sich mit einer anderen. — Ausser den Fibrillenbündeln entstehen noch mehr oder weniger feine, stark lichtbrechende Fasern (Figur 148 El), die elastischen Fasern, welche im Gegensatze zu den vorigen, keine Neigung zeigen, Bündel zu bilden, dagegen durch Anastomosen Fasernetze entstehen lassen. (Betreffs der näheren Beschaffenheit beider Arten von Fasern siehe: „fibrilläres Bindegewebe“.) — Da die Zellen die Intercellularsubstanz bilden und die eigentlich thätigen Elemente darstellen, muss man die Differenzirung der Intercellularsubstanz wohl auch auf ihren Einfluss zurückführen, wenngleich das „Wie“ noch durchaus unbekannt ist. Die mehrfach gemachte Annahme, dass beide Faserarten oder eine derselben aus den Zellen selbst hervorgingen, kann ich nicht theilen [1]. Dafür, dass die Zellen einen besonderen Einfluss auf die Differenzirung haben, spricht auch der Umstand, dass sie die Fibrillenbündel mit den elastischen Fasern, welche diesen aufliegen, begleiten und mit ihren Fortsätzen umspinnen (Figur 148). Ausser den bisher beschriebenen Zellen finden sich noch die schon oben (p. 242) angeführten Wanderzellen (*W*). Es sind kernhaltige, protoplasmatische Zellen mit amöboider Bewegung, die infolgedessen die verschiedensten Formen anzunehmen vermögen.

Das Gallertgewebe kann durch weitere Zunahme der Faserbildungen in das „fibrilläre Bindegewebe“ übergehen oder eventuell auch in elastisches Gewebe. Es kann aber umgekehrt auch die Grundsubstanz homogen bleiben und an Masse zunehmen, während die Zellen theilweise zu Grunde gehen, so wird es zum Glaskörper des Auges. Da dieser somit eine bindegewebige Intercellularsubstanz darstellt, so ist es nicht wunderbar, dass sich in demselben unter bestimmten pathologischen Verhältnissen auch beim Erwachsenen noch eine Differenzirung in Fibrillen zu entwickeln vermag. Es kommt weiter vor, dass die Zellen zu Grunde gehen und die Grundsubstanz sich verflüssigt: so entstehen die Höhlen des inneren Ohres.

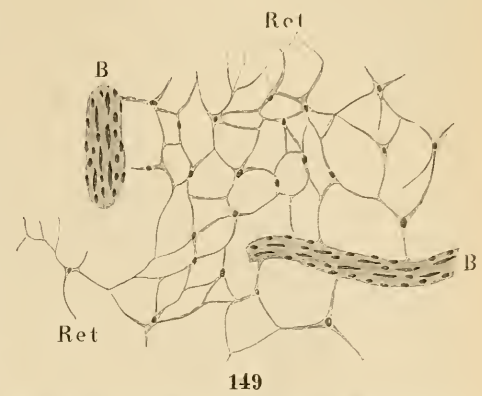
II) Das reticuläre Bindegewebe

(adenoides [His], cytogenes [Kölliker], conglobirtes Bindegewebe [Henle]). Bei diesem Gewebe treten allein die Zellen hervor, eine eigentliche Grundsubstanz existirt nicht, dieselbe wird ersetzt durch eine Flüssigkeit, die Lymphe. Die Zellen sind stern-

---

[1]) Wegen der hierauf bezüglichen Ansichten und der Literatur vergleiche man auch Lwoff (14, Bd. XCVIII, 1889).

förmig, ihre Ausläufer anastomosiren mit denen benachbarter Zellen, und so entsteht ein Schwammwerk, in dessen Balken oder Knotenpunkten Kerne liegen (Figur 149). Mit zunehmendem Alter schwindet das Zellprotoplasma mehr, die Kerne gehen zu Grunde, und so bleibt ein Netz übrig, dessen Zusammensetzung aus Zellen nicht mehr zu erkennen ist. Wie weit in diese netzförmigen Structuren feine Fibrillenbündel, die von kernhaltigen Zellen eingescheidet sind (s. „fibrilläres Bindegewebe") eintreten, ist oft sehr schwer zu entscheiden.



149
Reticuläres Bindegewebe, Schnitt aus der Tonsille des Schweins, MÜLLER'sche Flüssigkeit, Schüttelpräparat, Hämatoxylin. Vergr. 224. B = Balken, Ret = Reticulum.

Vorkommen. Das reticuläre Gewebe findet sich in den zur Blut- und Lymphbereitung in Beziehung stehenden Organen: den Lymphknoten, der Thymus, der Milz, sowie eingestreut in fibrilläres Bindegewebe (Verdauungs- und Respirationsorgane, Drüsen).

III) Das fibrilläre Bindegewebe.

Das entwickelte fibrilläre Bindegewebe besitzt eine bedeutende Menge von stark differenzirter Intercellularsubstanz, welche collagen ist, und Zellen verschiedener Form. Die erste Anlage desselben haben wir bei dem embryonalen Bindegewebe kennen gelernt.

Intercellularsubstanz.

In dieser Grundsubstanz sind von geformten Elementen zu unterscheiden die Bindegewebsfibrillenbündel und die elastischen Fasern, zwischen ihnen bleibt mehr oder weniger von der homogenen Grundsubstanz selbst übrig.

a) Die **Fibrillenbündel.** Die Fibrillen sind durch eine geringe Menge einer homogenen, natürlich auch aus der Intercellularsubstanz stammenden intrafasciculären Kittsubstanz mit einander zu Bündeln verbunden. Dieselbe wird zerstört durch Kalkwasser, Baryt-

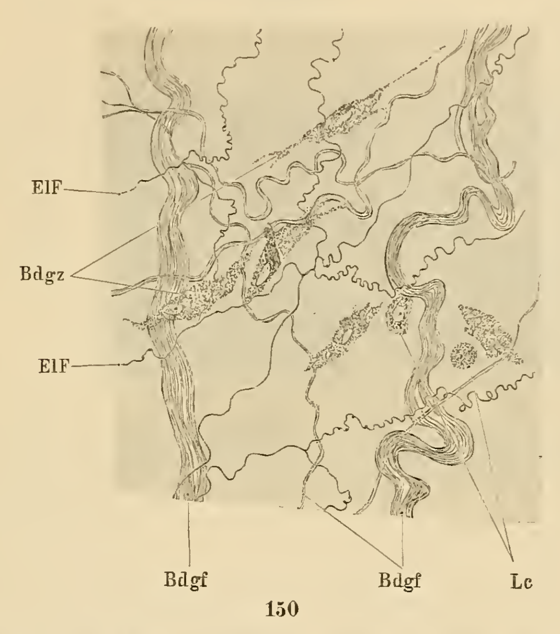
wasser, concentrirte Lösung von Pikrinsäure, übermangansaures Kali etc. Die Fibrillen werden dann frei und können isolirt als feine cylindrische Fädchen betrachtet werden. Sie bestehen aus Collagen, d. h. sie geben beim Kochen Leim. Im frischen Zustande quellen sie bei Behandlung mit Essigsäure und werden zugleich durchsichtig, bei Behandlung mit stark verdünnter Kali- oder Natronlauge quellen sie gleichfalls und werden noch durchsichtiger. Neutralisirt man mit dem einen oder anderen Reagens, so treten die Fibrillen wieder hervor, bis sie im Ueberschusse wieder aufquellen. Durch Trypsinverdauung wird das Bindegewebe nicht angegriffen, während die elastischen Fasern zerstört werden. Auch nach Behandlung mit Alkohol, Osmiumsäure, Chromsäure $^1/_{30}\,^0/_0$, Müller'scher Flüssigkeit und Pikrinsäure bleibt es für Trypsin unverdaulich. Es kann aber durch Kochen in einen verdaulichen Zustand übergeführt werden und zwar nach Reagentieneinwirkung noch überall da, wo beim Kochen die eigenthümliche Quellung unter Zusammenschnurren zu beobachten ist, so bei allen eben angeführten Reagentien mit Ausnahme der Chromsäure $^1/_{30}\,^0/_0$ bei gleichzeitiger Lichteinwirkung (5 Wochen bis 6 Monate). In diesem letzteren Falle ist das Bindegewebe nicht nur auch nach dem Kochen für Trypsin, sondern sogar für Pepsin unverdaulich geworden. Auch in Essigsäure quellen die Fibrillen dann nicht mehr, und werden auch in verdünnter Natronlauge nicht merklich durchsichtiger. Bei Müller'scher Flüssigkeit ist ein Unterschied in Bezug auf Lichteinwirkung nicht wahrzunehmen. Uebrigens verhält sich das Bindegewebe der verschiedenen Thiere chemisch nicht ganz übereinstimmend (Ewald 10, XXVI).

Die Fibrillenbündel sind von sehr verschiedener Mächtigkeit, sie können sich verästeln und ihre Aeste können sich an benachbarte Bündel anlegen. Gespannt verlaufen sie geradlinig, erschlafft erscheinen sie wellig, oft ähnlich lockigem Haare (vergl. die Figuren 150 Bdgf, 157, 164).

b) Die **elastischen Fasern.** Dieselben sind stark lichtbrechend, von sehr verschiedener Mächtigkeit, doch immer einheitlich, niemals aus feineren als Bündel zusammengesetzt. Sie anastomosiren mit einander (Figur 150 Elf) und bilden so Netze. Gespannt verlaufen sie gerade, erschlafft in starken Schlängelungen, oft spiralig. Sie sind in hohem Maasse elastisch, wie Gummi. (Vergl. auch „Elastisches Gewebe".) Durch Essigsäure und verdünnte Kalilauge werden sie nicht angegriffen, sie treten infolgedessen, da die Fibrillenbündel quellen und hell, glasig werden, bei Anwendung dieser Reagentien

scharf und deutlich hervor. Sie ziehen auf oder zwischen den Fibrillenbündeln durch die Grundsubstanz hin, liegen aber niemals in den Bündeln.

Je grösser die Menge der Fibrillen ist, um so fester wird das Gewebe und seine Elasticität und Widerstandsfähigkeit wächst noch mit der Menge der elastischen Substanz.



Ungeformtes fibrilläres Bindegewebe. Intermusculäres Bindegewebe aus den Bauchmuskeln des Kalbes. Frisch in Jodserum. Vergr. 224. Bdgf = Bindegewebsfibrillenbündel; Bdgz = Bindegewebszelle; ElF = Elastische Faser; Lc = Leukocyten (Wanderzellen).

c) Die **Grundsubstanz selbst,** welche neben den Fasern noch vorhanden ist, erscheint homogen. Ihre Masse ist umgekehrt proportional der Menge der Fasern, die sich aus ihr differenzirt haben und mitunter sehr gering.

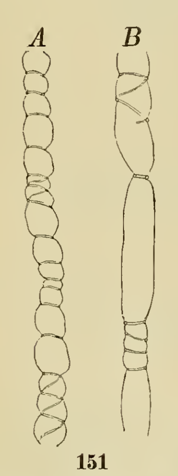
Durch die Grundsubstanz läuft, wie oben p. 241 schon angegeben, der Strom der Lymphe, der von den feinsten Blutgefässen nach den feinsten Lymphgefässen hingeht und je nach der Festigkeit der Grundsubstanz in breitem Zuge im Ganzen dahinzieht oder sich in Bahnen bewegt, die durch Zellen und ihre Fortsätze vorgeschrieben werden, also Höhlen und Kanälchen darstellen: die Saftlücken und Saftkanälchen (v. Recklinghausen). — Wo fibrilläres Bindegewebe an

Epithel stösst, zeichnet sich oft die äusserste Lage desselben dadurch aus, dass sie homogen erscheint, sie bildet dann eine Basalmembran (s. p. 63) bindegewebigen Ursprungs. Es treten hierbei die Fibrillen zurück und die homogene Grundsubstanz in den Vordergrund.

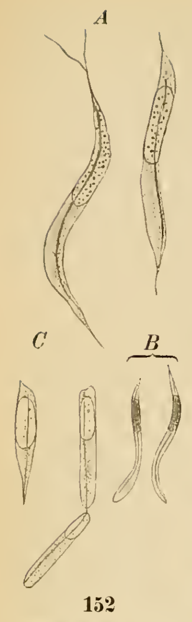
Zellen.

Von solchen sind zu unterscheiden:

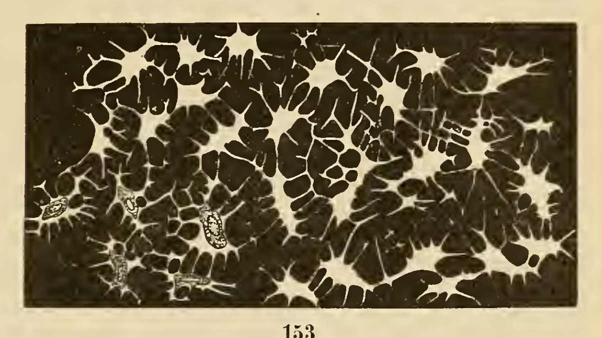
a) Die **Bindegewebszellen** (fixe Bindegewebszellen). Wir haben dieselben schon bei dem embryonalen und reticulären Bindegewebe als mehr oder weniger sternförmige oder spindelförmige anastomosirende Zellen kennen gelernt. So verhalten sie sich auch hier. Ihre Grundform ist dabei sehr verschieden, häufig sind es äusserst zarte, platte Gebilde (vergl. Figur 150 B d g z). Wie wir schon beim embryonalen Bindegewebe sahen, begleiten sie in grösseren Mengen die Fibrillenbündel und scheiden dieselben ein (vergl. Figur 148). Sie platten sich dabei mehr ab und bilden so die endothelioiden Zellen. Mit zunehmendem Alter schwindet das Protoplasma mehr bis auf weniges in der Umgebung des Kerns und so werden die Bündel von Scheiden sehr heller, zarter, plättchenartiger Gebilde umgeben. Behandelt man ein solches Bündel mit Essigsäure, so quellen die Fibrillen weit stärker als die umspinnenden Zellen, ihre Substanz tritt daher zwischen den Aesten dieser hervor ev. wird auch die Scheide an manchen Stellen durchbrochen, und wir erhalten ein Bild, als wenn ein Fibrillenbündel von tief einschneidenden, ringförmig oder spiralig herumziehenden Fasern umgeben wäre (Figur 151). Treten in der Grundsubstanz so viele Fibrillenbündel auf, dass die freie Grundsubstanz minimal wird, so werden die Zellen leicht an mehrere Bündel zu gleicher Zeit anstossen, resp. ihnen anliegen. Dem so auf sie geübten Einflusse entsprechend ändert sich ihre Form dann oft in die der sogenannten Flügelzellen um (Figur 152). Die ursprünglich rein protoplasmatische Zelle hat sich jetzt in ihren Seitentheilen mehr in hellere Platten umgewandelt, während die protoplasmatische Körnung um den Kern herum noch deutlich zu erkennen ist. Je nach der Anzahl der angren-



151
Fibrillenbündel mit umspinnenden Zellen, nach Zusatz schwacher Essigsäure, in Wasser. *A)* aus der Opticusscheide des Kalbes. *B)* aus fibrillärem Bindegewebe der Orbita des Kalbes. Vergr. 224.



zenden Bündel sind verschieden viele Eindrücke resp. Platten entstanden; diejenigen, auf deren Kante man heraufblickt, erscheinen als scharf ausgeprägte Linien, die über die Zelle hinziehen (vergl. auch Sehnen, Fascien). — Die Bindegewebszellen, mögen sie eine Form oder Beschaffenheit haben, wie sie wollen, liegen sammt ihren Ausläufern in Höhlen der Grundsubstanz, falls diese fest genug ist, solche zu



152

Sehnenzellen isolirt nach MÜLLER'scher Flüssigkeit in Wasser. *A)* vom Kalbe. Vergr. 525. *B)* von demselben Vergr. 224 (gleich den sonstigen Abbildgn. des Bindegewebes). *C)* von einer erwachsenen Ratte, Schwanzsehne. Vergr. 525.

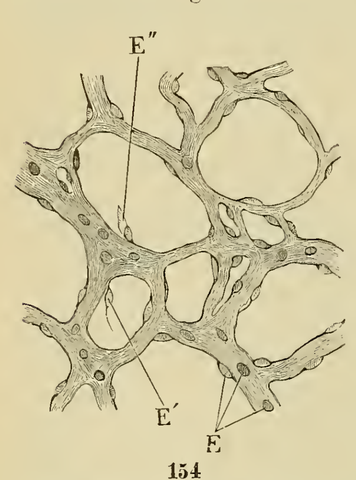
153

Saftkanälchensystem aus der Hornhaut eines ca. 30jährigen Mannes. Silberpräparat, HARTNACK VIII, Zeichenprisma, Tubus eingeschoben. In 5 Saftlücken der linken unteren Ecke sind die Hornhautzellen, sowie sie an diesem Präparate überall ohne weitere Behandlung erschienen, hineingezeichnet. Copie n. WALDEYER (30, Bd. I, Th. I p. 175).

bilden (s. p. 241), und so entstehen, da die Ausläufer anastomosiren, Kanalnetze (Saftkanäle), welche Erweiterungen (Saftlücken) besitzen, in denen die Zellkörper liegen (Figur 153). In dem hier wiedergegebenen Präparate aus der Cornea sind die Zellen bedeutend geschrumpft in Folge der Einwirkung des Reagens, ebenso erscheinen die Kanälchen nicht mehr von den Zellfortsätzen erfüllt (vergl. auch die Figuren 162 und 163). Wie gross der Raum zwischen dem Zellleibe und der Grundsubstanz im natürlichen Zustande ist, lässt sich direct nicht sehen, wahrscheinlich ist er, bei jugendlichen Zellen wenigstens, minimal, jedenfalls aber genügend um einen Lymphstrom von Zelle zu Zelle circuliren zu lassen. Wie weit bei älteren Zellen der Leib und die Fortsätze derselben die ursprünglich von ihnen eingenommenen Lücken ausfüllen, das ist nicht sicher zu ergründen und es ist möglich, dass die Zellen dabei mitunter recht platt und die Lücken also relativ gross werden, doch scheint mir, dass man in der Annahme von platten, endothelartigen Zellen dabei etwas zu weit gegangen ist, und dass die Zellen meist noch ziemlich umfangreich sind. Sie sind nur ungemein leicht ver-

änderliche Gebilde Reagentien gegenüber. Durch Imprägnirung der Grundsubstanz mit Silbernitrat, Berliner Blau, Methylenblau vermag man diese Kanalsysteme darzustellen, wobei natürlich in dem zarten Gewebe Schrumpfungen, wie auch in Figur 153, nicht zu vermeiden sind. An besonders günstigen Stellen (Cornea) gelingt auch eine Injection des Netzes. — Es ist selbstverständlich, dass von den Kanälen und Lücken aus ein Flüssigkeitsaustausch mit der Grundsubstanz stattfindet, ähnlich wie bei den Zellkörpern. Das von v. Recklinghausen herrührende hierauf bezügliche Bild einer Grundwasserströmung erleichtert die Vorstellung.

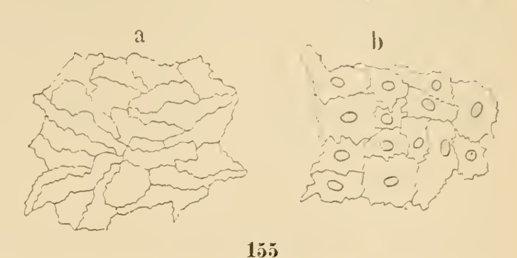
b) **Endothelzellen.** Während der Entwickelung treten im Bindegewebe eigenthümliche Lücken- und Spaltbildungen auf, die von Lymphe, Blut, Synovia erfüllt sind, so entstehen die Lymph- und Bluträume: die Lymph- und Blutgefässe, die Lymphsinus, die serösen Höhlen, die Gelenkhöhlen, die Schleimbeutel. An der Oberfläche des diese begrenzenden fibrillären Bindegewebes findet sich ein zusammenhängender mehr oder weniger vollständiger Ueberzug von ganz platten hellen Zellen, den Endothelzellen, die nur durch eine geringe Menge von Kittsubstanz (Intercellularsubstanz), welche wieder durch Imprägnation deutlich gemacht werden kann, zusammenhängen. Aehnlich wie die endothelioiden Zellen sich an der Oberfläche der Fibrillenbündel ausbreiteten, so überziehen diese die freien Flächen. Die Zellen sind gewöhnlich so stark abgeplattet, dass ihr Kern eine Vorbuckelung bewirkt. In Figur 154 sieht man dieses Verhältniss an den Endothelzellen, welche die Fibrillenbündel des Netzes einscheiden. Dieselben erscheinen theils von der Fläche, theils von der Kante gesehen, im letzteren Falle nur als Linien mit einer mittleren Kernanschwellung. Die Grenzen erkennt man nicht, doch sind bei E′ und E″ Zellen halb abgelöst, an denen man Form und Grösse beurtheilen kann. Die Zellen sind bald mehr gestreckt, bald mehr polygonal, ihre Contur ist bald mehr geradlinig, bald mehr wellig, mitunter stark buchtig



154

Stück aus dem grossen Netze des Hundes. Müller'sche Flüssigkeit, Glycerin. Die Endothelzellen liegen den Fibrillenbündeln theilweise fest an, theilweise sind sie mehr oder weniger abgelöst. E = Endothelzelle, resp. deren Kern; E′ = Halbabgelöste Endothelzelle, von der Kante gesehen; E″ = Halbabgelöste Endothelzelle, schräg von der Fläche gesehen. Vergr. 130.

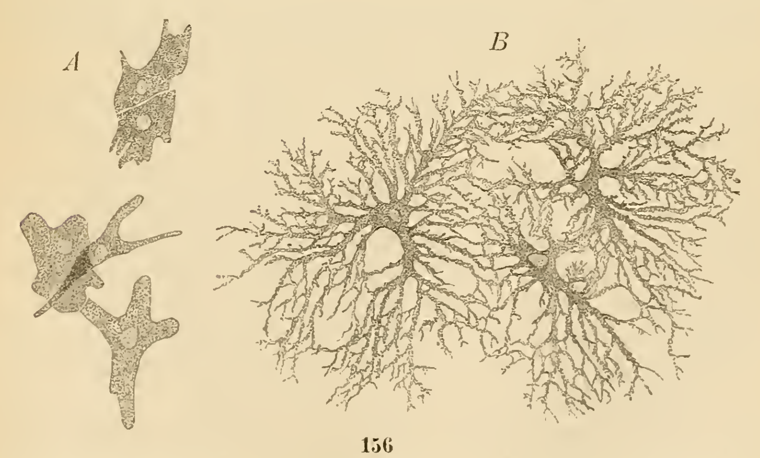
(Figur 155 a b). Zwischen den Zellen finden sich hin und wieder auch Lücken, Stomata (s. „Lymphbahnen"). — Es müssen diese Zellen indessen nicht immer platt sein. An solchen Organen, deren Endothelüberzug je nach der Füllung des Organs eine sehr verschieden grosse Oberfläche zu überkleiden hat, können sie entsprechend dem Grade der Zusammenziehung alle Stadien zwischen der platten und der cylindrischen Zelle aufweisen (Blase, Blutgefässe).



155
Endothel des Peritoneums einer weissen Maus, versilbert. a vom Zwerchfell, die Kerne an dem ungefärbten Präparate nicht sichtbar, b vom Mesenterium, die Kerne mit Blauholz gefärbt. Vergr. 130.

Unter Umständen vermögen platte derartige Zellen in besonderen Lebensperioden der Thiere sich sogar in flimmernde Cylinderzellen umzuwandeln, so beim weiblichen Frosche Zellen einer bestimmten Region des Peritoneums. — Die Endothelien der serösen Höhlen werden von vielen Forschern auch zu den Epithelien gerechnet und von archiblastischen Zellen abgeleitet. Sie würden hiernach den sonst vorhandenen Endothelzellen ihrer Abstammung nach nicht gleichwerthig sein, histologisch sind sie es indessen, wie es scheint.

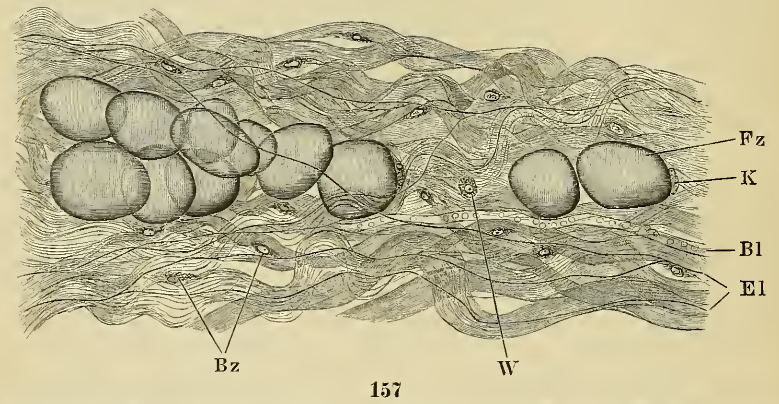
c) **Pigmentzellen.** An manchen pigmentirten Stellen, so beim weissen Menschen im Auge und an stärker pigmentirten Stellen der



156
Bindegewebige Pigmentzellen. Vergr. 224. *A)* aus der Membrana suprachorioidea des menschlichen Auges, Fixirung in FLEMMING'scher Lösung. *B)* aus der Cutis einer Froschlarve, Fixirung in Alkohol

Haut, finden sich mehr oder weniger reichlich verästelte Zellen mit einem braunen körnigen Pigment angefüllt, das nur den Kern freilässt (Figur 156 A). Dieselben können entweder fixe Zellen sein und entsprechen dann ev. den Bindegewebszellen des nicht pigmentirten Gewebes oder sie vermögen in manchen Fällen weiter zu wandern, so auch in Epithel hinein (s. „Haut“). Bei Thieren sind sie oft in grosser Menge vorhanden, weit durch den Körper verbreitet (z. B. Frosch, Figur 156 B) und sind häufig contractil.

d) **Fettzellen.** Mehr oder weniger mit Fett gefüllte Bindegewebszellen finden sich in verschiedener Menge mehr einzeln oder mehr zu Häufchen zusammengelagert, je nach dem Ernährungszustande, durch



157

Fibrilläres Bindegewebe mit Fettzellen aus der Nähe der Trachea des Kalbes, frisch in Jodserum. Die Bindegewebszellen und Kerne etwas deutlicher als in Natur. Vergr. 224. Bl = Blutgefäss mit einigen Blutkörperchen, Bz = Bindegewebszellen, Fz = Fettzelle, K = Kern einer solchen, El = elastische Faser, W = Wanderzelle.

das fibrilläre Bindegewebe zerstreut vor (Figur 157 Fz, vergl. auch „Fettgewebe“).

e) **Plasmazellen** (Waldeyer 1, XI). Bald mehr rundliche, bald mehr ovale oder spindelförmige Zellen mit deutlich körnigem Protoplasmaleibe. Hauptsächlich in der Umgebung der Blutgefässe. Abstammung und Bedeutung noch unklar. Sie haben Aehnlichkeit mit den specifischen Zellen des Fettgewebes, scheinen aber doch von diesen verschieden zu sein (s. auch „Fettgewebe“). Betreffs der ähnlichen in den Hoden vorkommenden Zellen siehe „männliche Geschlechtsorgane“.

f) **Mastzellen** (Ehrlich)[1]. Bald mehr rundliche, bald mehr längliche event. strahlige Zellen ausgezeichnet durch das Vorhandensein

---

[1]) Betreffs der Literatur sehe man Ballowitz 16, VI, p. 135 ff.

von zahlreichen rundlichen Körnern in ihrem Zellleibe resp. dessen Fortsätzen. Die Körner haben wieder die Besonderheit, dass sie mit basischen Anilinfarben besondere Farbenreactionen geben, so dass sie häufig den Eindruck von Mikrokokkencolonien hervorrufen. So z. B. bei der GRAM'schen Methode. Von manchen Autoren wird dabei angegeben, dass der Kern sich färbe, von anderen, dass er ungefärbt bleibe. Uebrigens scheinen Verschiedenheiten zwischen den Mastzellen verschiedener Thierspecies und vielleicht zwischen denen desselben Individuums vorhanden zu sein.

Die Mastzellen finden sich hauptsächlich in der Nähe von Blutgefässen und Epithel. Unter pathologischen Verhältnissen kommen sie zahlreich vor in der Umgebung von Entzündungen und in frisch gebildetem lockerem Bindegewebe. Auch im Gehirn hat sie J. NEUMANN (8, CXXII) neuerdings bei pathologischen Processen aufgefunden. Sie sind beim Menschen ziemlich zahlreich an mehreren Stellen, so in der Haut, in der Darmwand, im Herzmuskel etc., ihre Abstammung und Bedeutung sind unbekannt.

BROWICZ (82, Juli 1890) wirft die Plasmazellen von WALDEYER und die EHRLICH'schen Mastzellen zusammen und findet, dass sie im Herzen des Neugeborenen und des einige Monate alten Kindes ganz fehlen, bei älteren Kindern in sehr geringer Zahl auftreten, bei jungen und erwachsenen Personen bis in's Greisenalter immer vorhanden sind, wenn auch in sehr wechselnder Menge. Sie liegen dabei bald einzeln bald mehr in Gruppen. BROWICZ nimmt dabei weder eine Beziehung zu den Blutgefässen noch zu dem Fett an und findet die Zellen sowohl im gesunden wie im erkrankten Gewebe. Er kommt zu dem Schlusse, dass diese Zellen für das Bindegewebe nicht nothwendig sind, da man sie weder jemals beim Embryo noch in allen Organen des Erwachsenen noch bei allen Thieren findet und hält sie für degenerirende Formen.

Die Untersuchungen von BALLOWITZ (16, VI) haben erwiesen, dass die „Mastzellen" bei Fledermäusen vor Beginn des Winterschlafes und nach Beendigung desselben ungefähr gleich zahlreich vorhanden waren und auch sonst keine Unterschiede zeigten. Sie können daher von dem allgemeinen Ernährungszustande des Thieres nur wenig abhängig sein. Ob der Name „Mastzellen", den EHRLICH ihnen gegeben hatte, da er annahm, dass diese Zellen bei local gesteigertem Ernährungszustande aufträten, gerechtfertigt ist, erscheint nach allem mehr als zweifelhaft, doch habe ich ihn hier beibehalten, da die Zellen unter ihm allgemein bekannt sein, und man ihnen kaum einen neuen Namen geben kann, ehe man etwas sicheres über sie weiss.

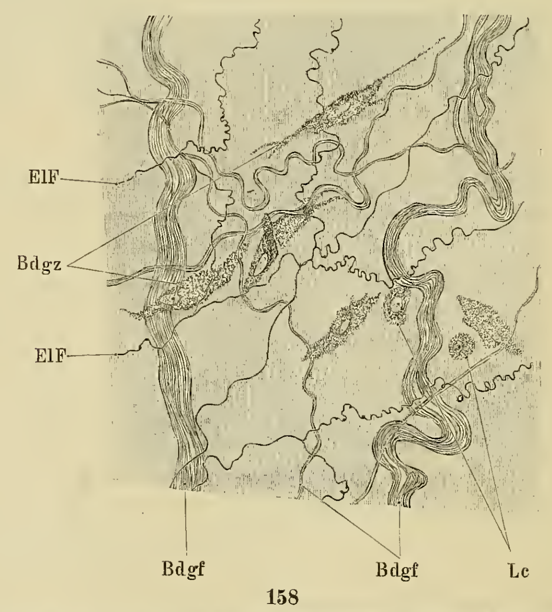
g) **Wanderzellen** (v. Recklinghausen). Auch die schon oben (p. 242 und 244) erwähnten Wanderzellen finden sich in mehr oder weniger grosser Anzahl. Sie sind der Grundsubstanz direct eingelagert oder liegen in dem Netz der Saftkanälchen je nach Beschaffenheit der Grundsubstanz. Sie befinden sich also im Bindegewebe, sind aber wahrscheinlich garnicht bindegewebiger Abstammung und daher eigentlich nicht zu den Bindegewebszellen zu rechnen (s. auch Cap. X).

Von allen diesen eben genannten Zellen sind constant nur die Bindegewebszellen vorhanden, welche als die specifischen Zellen des Gewebes anzusehen sind, das Vorkommen der übrigen hängt von bestimmten Bedingungen ab, Localität, Ernährungszustand etc.

Erscheinungsformen.

Das fibrilläre Bindegewebe tritt in folgenden Erscheinungsformen auf.

a) **Formloses Bindegewebe** (Henle), lockeres oder areoläres Bindegewebe (Kölliker). Das Gewebe ist lockerer, bildet



158

Ungeformtes fibrilläres Bindegewebe. Intermusculäres Bindegewebe aus den Bauchmuskeln des Kalbes. Frisch in Jodserum. Vergr. 224. Bdgf = Bindegewebsfibrillenbündel; Bdgz = Bindegewebszelle; ElF = Elastische Faser; Lc = Leukocyten (Wanderzellen).

keine bestimmt geformten Theile. Von bald mehr, bald weniger Fettzellen erfüllt, breitet es sich im ganzen Körper aus, überall als Füllmaterial, Hülle und Verbindungsmittel benutzt. Häufig ist die homogene Grundsubstanz relativ reichlich (Figur 158), die Fibrillenbündel kreuzen sich unter verschiedenen Winkeln und bilden so einen lockeren Filz; die elastischen Fasern stellen ein weitmaschiges Netz dar. Dazwischen liegen dann die verschiedenen Zellen. Oder die Fibrillenbündel liegen auch enger aneinander, dazwischen kleine Reste homogener Grundsubstanz und Bindegewebszellen, Wanderzellen etc. Elastische Netze begleiten verschiedentlich die Bündel. Mit Fett erüllte, grosse, glänzende Zellen liegen in kleineren oder grösseren Gruppen darin eingebettet (vergl. Figur 157).

b) **Geformtes Bindegewebe** (Henle), festes Bindegewebe (Kölliker). Das Gewebe ist fester, bildet mehr oder weniger scharf begrenzte Theile, welche in der Form von Häuten oder Strängen auftreten.

Je nach der Anordnung der Fibrillenbündel kann man unterscheiden:

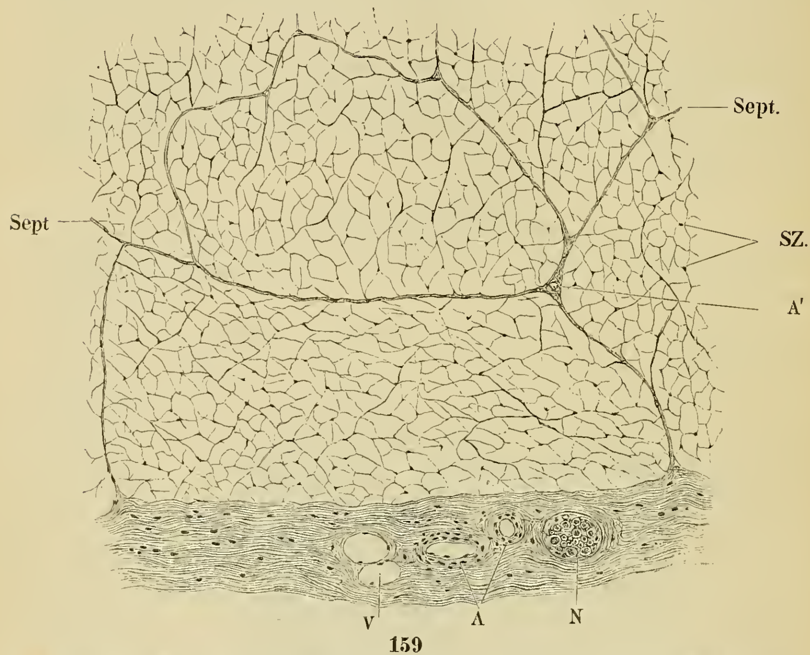
α) *ungeordnetes geformtes Bindegewebe.* Die Fibrillenbündel verflechten sich unter verschiedenen Winkeln nach allen Richtungen des Raumes und bilden so einen dichten Filz. Hierher gehören: die Lederhaut, der bindegewebige Theil der Schleimhäute, die Mucosa propria und die Submucosae mit eingestreuten reticulären Partieen, die serösen Häute, das Periost und Perichondrium, die Albugineae und die festen Kapseln vieler Organe: die Kapseln von Milz und Niere, Albuginea des Hodens, des Penis und der Clitoris; die Gehirnhäute und entsprechend: die Opticusscheiden und die Augenhäute (mit Ausnahme der Cornea), die bindegewebigen Theile der Gefässwandungen etc. Ein besonders festes Gebilde ist der Tarsus des Augenlids, der sogenannte Lidknorpel;

β) *geordnetes geformtes Bindegewebe.* Die Fibrillenbündel sind nur in bestimmten Richtungen angeordnet:

nur nach einer Richtung: Sehnen, Bänder. Diesen schliessen sich mehr oder weniger modificirt an: Bandscheiben, Labra glenoidea, Randtheil der Ligg. intervertebralia (vergl. auch „chondroides Bindegewebe“ und „Faserknorpel“);

nach zwei einander mehr oder weniger genau unter rechten Winkeln kreuzenden Richtungen, wobei indessen die einer Richtung angehörenden Bündel immer in einer Schicht zusammenliegen: Fascien und, zum grossen Theile wenigstens, die Cornea.

1) **Das Sehnengewebe und die Sehne.** Macht man Durchschnitte durch Sehnen, so erkennt man leicht, dass auf denselben sich grössere und kleinere Unterabtheilungen unterscheiden lassen: die Querschnitte von Bündeln. Die feinsten derartigen, welche keine Abtheilungen mehr aufweisen, sind die primären Sehnenbündel (Figur 159). Sie entsprechen Bindegewebsfibrillenbündeln mit durch-

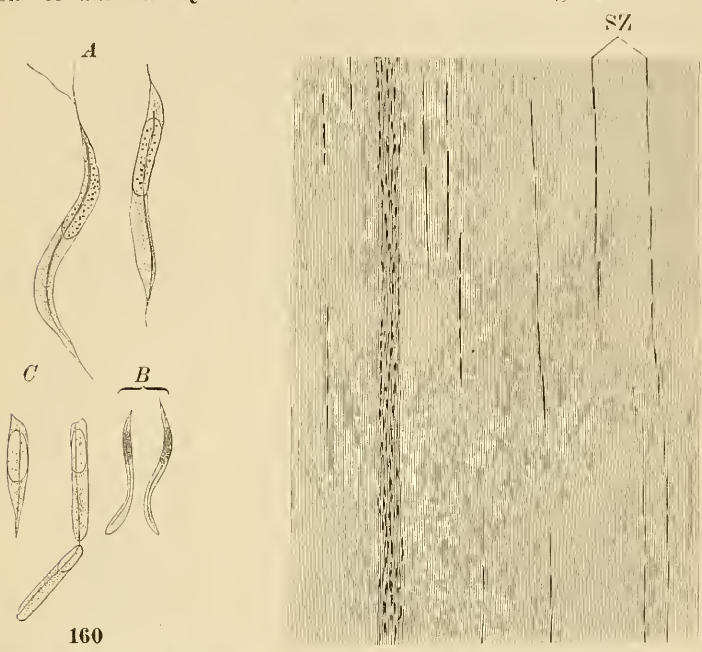


159

Theil eines Querschnittes einer menschlichen Sehne (Tibialis anticus). Der äussere Umfang mit dem Peritenonium externum getroffen. Alkohol, Celloidin, Carminfärbung. Vergr. 224. A = Arterienquerschnitte im Peritenonium externum; A' = Querschnitt einer kleinen Arterie in einem der von dem Peritenonium gebildeten Septen zwischen den tertiären Bündeln; N = Querschnitt eines Nervenbündels im Peritenonium externum; Sept = Septum des Peritenonium zwischen tertiären Bündeln; die Septa zwischen den secundären Bündeln werden durch die weit feineren innerhalb der tertiären Bündel verlaufenden Linien dargestellt, welche indessen noch dicker sind als die Grenzlinien zwischen den primären, sich auf der Abbildung aber vielleicht nicht genügend stark abheben (vergl. auch Figur 165); SZ = Kern der Sehnenzellen, die in den Knotenpunkten zwischen den primären Bündeln liegen, diese als Flügelzellen mehr oder weniger weit umgreifend; V = Venenquerschnitte im Peritenonium externum.

aus parallel verlaufenden Fibrillen, welche bei der gewöhnlichen Spannung gestreckt, entspannt leicht wellenförmig dahinziehen. Auf dieser letzteren Verlaufsart beruht die eigenthümliche Querstreifung, welche entspannte Sehnen erkennen lassen. Die Fibrillen dieser Bündel werden durch eine interfibrilläre Kittsubstanz zusammengehalten. Zwischen den Bündeln selbst, welche wiederum im grossen und ganzen einander parallel verlaufen, wenn auch spitzwinkelige Ana-

stomosen vorkommen, befindet sich die interfasciculäre Kittsubstanz. In dieser eingebettet liegen die Sehnenzellen. Es sind Flügelzellen (Figur 160), welche ihre Gestalt ihrer Lage verdanken: der Einklemmung zwischen verschiedene Fibrillenbündel. So besitzen sie auf dem Querschnitte eine mehr sternförmige Gestalt. In



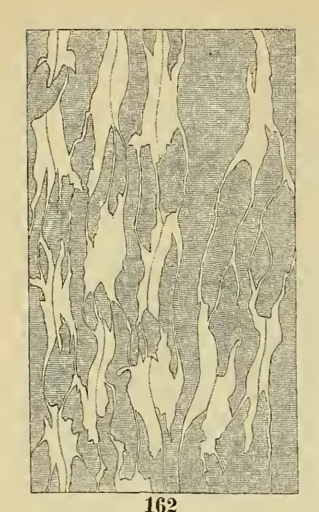
160

Sehnenzellen isolirt nach MÜLLERscher Flüssigkeit in Wasser. *A)* vom Kalbe Vergr. 525. *B)* von demselben Vergr. 224 (gleich den sonstigen Abbildungen des Bindegewebes). *C)* von einer erwachsenen Ratte, Schwanzsehne. Vergr. 525.

161

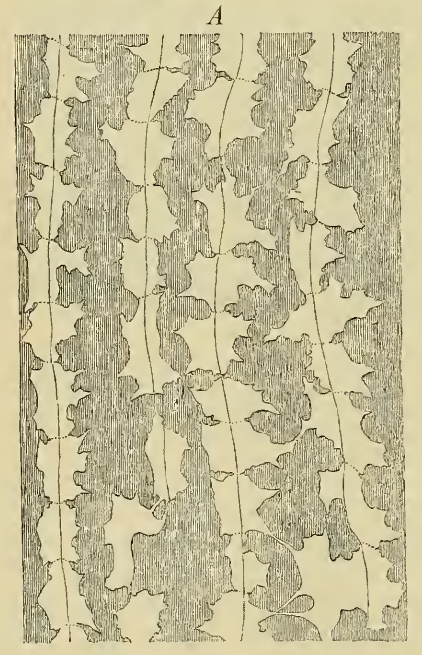
Theil eines Längsschnittes einer menschlichen Sehne (Tibialis anticus). Alkohol, Celloidin, Carminfärbung. SZ = Sehnenzellen resp. deren Kerne; nach der linken Seite zu der Schrägschnitt eines Septums zwischen zwei tertiären Bündeln. Vergr. 224.

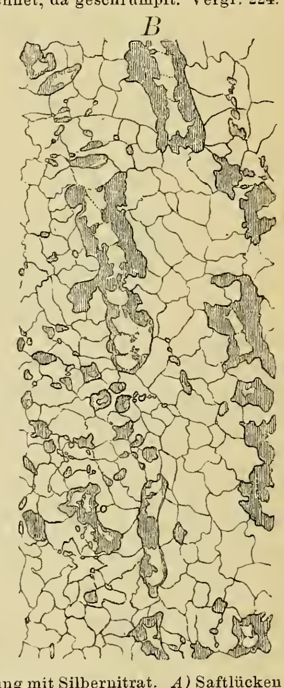
der Mitte der Kern mit mehr oder weniger Protoplasma, nach den Seiten hin ausgehend dünne Platten, die sich zwischen die Bündel einschieben, indem sie diese zugleich einscheiden (vergl. Figur 159). Die jungen Sehnenzellen senden auch längere Fortsätze aus, die mit denen benachbarter anastomosiren (Figur 160 A), bei den älteren sind solche nicht immer mehr nachzuweisen. Die Zellen sind dabei langgestreckt, der Kern ist langoval. Schmale, stark glänzend hervortretende Linien, die über den Zellleib der Länge nach hinziehen, sind der Ausdruck der von der Kante aus gesehenen Flügelplatten. Die Zellen liegen in Reihen unter einander und erscheinen auf gefärbten Längsschnitten wie in Figur 161, als Reihen gefärbter länglicher Kerne,


162

die nicht ganz vollständig zu sein brauchen, da einmal der Schnitt leicht ein wenig von der Richtung der Kernreihe abweichen kann, zweitens die Bündel anastomosiren können. Die Zellen befinden sich, wie alle Bindegewebszellen, in Lücken der homogenen interfasciculären Grundsubstanz, welche man durch Imprägnirung darzustellen vermag (Figuren 162 und 163). An der Form dieser Lücken erkennt man die ursprüngliche Gestalt der in ihnen befindlichen Zellen und sieht leicht, dass diese ana-

Aus einer Kalbssehne nach Behandlung mit Silbernitrat. Längsansicht durch Auseinanderziehen der Bündel gewonnen. Man sieht die hell gebliebenen Saftlücken, welche unter einander durch die Saftkanälchen verbunden sind. Zellen nicht eingezeichnet, da geschrumpft. Vergr. 224.





163

Längsansichten aus einer Rattenschwanzsehne nach Behandlung mit Silbernitrat. *A)* Saftlücken der Sehnenzellenreihen mit ihren Saftkanälchen zu denen benachbarter Reihen. Die Zellen derselben Reihe sind meist durch sehr kurze Kanälchen, die sich einfach als Durchbrechungen der schmalen Grundsubstanzsepta zwischen den eng aneinanderstossenden Saftlücken derselben Reihe zeigen, mit einander in ausgiebigster Verbindung. Vergr. 224. *B)* Von der Oberfläche eines secundären Bündels. Man sieht grössere Endothelflächen, welche voraussichtlich die Decke der flachen hier vorhandenen Lymphsinus bilden. Dazwischen treten wieder Inseln interfasciculärer Grundsubstanz an die Oberfläche, in denen Saftlücken der Sehnenzellen, theilweise noch in Reihen, sich befinden, die hin und wieder sich in die Lymphsinus öffnen (auf der Figur eine Stelle mehr nach links und oben). Vergr. 100.

stomosiren konnten, ev. dieses auch thaten, da die Lücken, sowohl die derselben Reihe wie die benachbarter, mit einander zusammenhängen. Es entsprechen diese Lücken im Prinzipe durchaus den oben (Figur 153) aus der Cornea dargestellten. — So legen sich eine Anzahl primärer Bündel zusammen zu einem secundären. Auf der Oberfläche dieses findet sich ein mehr oder weniger vollständiger Endothelüberzug, in dessen Lücken die Grundsubstanz ev. mit Sehnenzellen zu Tage tritt. Das Ganze wird umgeben von einer Hülle aus ungeordnetem fibrillärem Bindegewebe, dem Peritenonium internum[1]. Das Endothel deckt resp. bildet wohl aller Wahrscheinlichkeit nach Lymphräume, in welche sich vielleicht die oberflächlichsten Saftlücken öffnen, die in den Grundsubstanzinseln liegen, durch welche der Endothelüberzug unterbrochen wird (Figur 163 B). — Das Peritenonium internum enthält ziemlich viel Zellen, deren gefärbte Kerne auf dem in dem Längsschnittbilde, Figur 161, dargestellten Septum leicht zu erkennen sind. Wie das fibrilläre Bindegewebe überhaupt, so enthält auch dieses Netze von elastischen Fasern.

Behandelt man eine Sehne mit einem Reagens, welches die Isolirung der Fibrillen erlaubt (Pikrinsäure, Müller'sche Flüssigkeit etc.), so erhält man nach dem Zerzupfen leicht Fibrillen und Zellen isolirt (Figur 164). Man sieht dann deutlich, wie die parallelen, wellig verlaufenden Faserzüge der Bündel sich in eine lockigem Haare ähnliche Masse von sehr feinen Fäserchen auflösen.



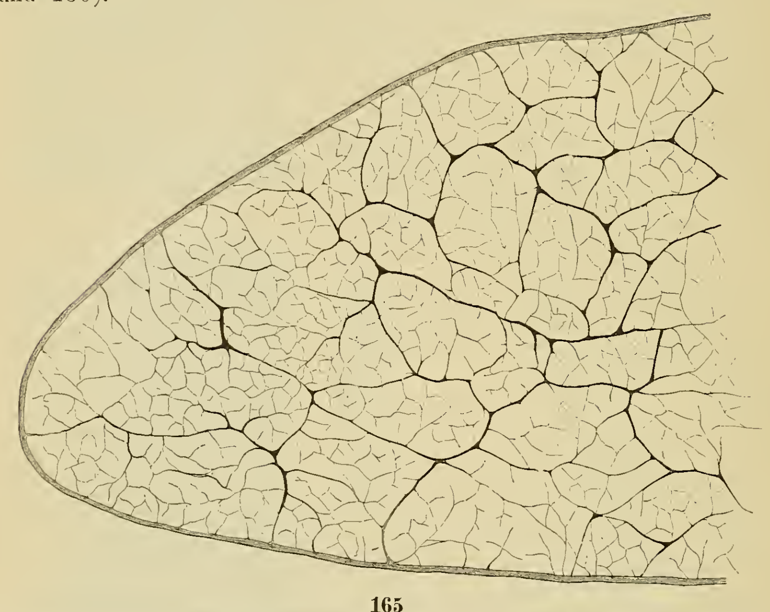
164
Aus einer Kalbssehne, nach Behandlung mit Müller'scher Flüssigkeit und Zerzupfung in Wasser. Vergr. 100.

Lässt man auf Sehnengewebe Essigsäure oder noch besser verdünnte Kalilauge einwirken, so findet man auch sehr feine

[1]) Peritenonium aus περί und ὁ τένων, die Flechse, Sehne, scheint mir besser als „Peritendineum“, welches eine vox hybrida ist, und auch richtiger als „Peritenium“.

elastische Fasern, welche die primären Bündel, weitmaschige Netze bildend, umziehen. Niemals liegen dieselben in den Bündeln.

Die secundären Bündel legen sich nun wieder zu tertiären zusammen, welche von etwas dickeren Zügen des Peritenoniums umgeben werden (Figur 165) und diese bilden durch Aneinanderlagerung die Sehne, welche auf ihrer Oberfläche wiederum von der stärkeren Hülle des Peritenonium externum umschlossen wird (Figuren 165 und 159).



165

Stück eines Querschnittes durch eine menschliche Sehne (M. tibialis anticus). Alkoholhärtung, Celloidineinbettung, Alauncarmin. Ganz schwache Vergrösserung. Man sieht aussen das Peritenonium externum, von dem aus die stärkeren Septa der tertiären Bündel in das Innere eindringen. Von diesen gehen dann wieder die feineren, die secundären Bündel trennenden ab. Die primären Bündel sind bei dieser Vergrösserung noch nicht erkennbar. An manchen Stellen waren auch die Septa der secundären Bündel noch zu fein, um sich einzeichnen zu lassen, daher die Lücken (vergl. auch Figur 159).

Wie man bemerkt, entspricht dieser Aufbau der Sehne sehr genau dem eines Skeletmuskels. Die secundären Bündel würden einer Anzahl von Muskelfasern zum Ansatze dienen, d. h. das Perimysium internum würde sich direct in das Sehnengewebe (nicht in das Peritenonium) fortsetzen, zu diesem werden, wie ich das schon p. 143 des Näheren angegeben habe.

Andererseits würden die Sehnen an anderen festeren bindegewebigen Theilen endigen: an fibrösen Membranen, Fascien, an Knorpeln und Knochen. An den fibrösen Häuten (z. B. Sclera) und an den

Fascien (z. B. M. tensor fasciae) gehen die Sehnenbündel direct in das Gewebe der Ansatztheile über. Bei den Knorpeln und einem Theile der Knochenansätze dienen das Perichondrium und das Periost als Vermittelung, mitunter setzt sich die Sehne aber auch direct an den Knochen an.

Die Sehne wird ernährt und enthält Nerven.

Die **Blutgefässe** sind nur in geringer Menge vorhanden, sie verlaufen in dem Peritenonium externum (vergl. Figur 159) und dringen mit den von diesem ausgehenden Septen in das Innere ein, um sich bis zu den secundären Bündeln hin auszubreiten. Diejenigen Sehnen, welche auf weitere Strecken in Schleimscheiden verlaufen, sind mit der Wand dieser durch zarte Bindegewebsbrücken verbunden, welche Gefässe enthalten: Vincula tendinum.

Die **Lymphgefässe** der Sehnen und Fascien sind von Ludwig und Schweigger-Seidel (49) genauer beschrieben worden. Wie ich nach eigenen Untersuchungen bestätigen kann, liegen in dem Peritenonium zwischen den secundären Bündeln Lymphgefässe, die nur aus einem Endothelrohr bestehen, im Wesentlichen parallel den Bündeln verlaufen, aber vielfach durch Aeste, die mehr rechtwinkelig abgehen, unter einander anastomosiren. Sie gehen über in ein auf der Oberfläche der Sehne oder Fascie gelegenes reichliches Netz von ähnlich beschaffenen Lymphgefässen, die sich zum grössten Theile an die Blutgefässe anschliessen, indem sie diese zu je zweien auf beiden Seiten begleiten, zum Theil aber auch als selbständige Gefässe jene anderen unter einander verbinden. Diese Gefässe sind sämmtlich klappenlos. Mit den grösseren abtretenden Blutgefässen begeben sich dann auch grössere Lymphgefässe zur Umgebung. Die Anfänge dieser Lymphbahnen sind noch nicht sicher bekannt (vergl. auch Mays 8, Bd. LXXV). Es erscheint mir sehr wahrscheinlich, dass sie mit breiten flachen Lymphräumen, Lymphsinus, zusammenhängen, welche unter dem die secundären Bündel theilweise überziehenden Endothel liegen (vergl. Figur 163 B). Mit diesen hängen die äussersten Saftlücken wieder zusammen, wie man an Silberpräparaten wahrnehmen kann, mit diesen die übrigen. Der aus den Blutcapillaren in Folge von Druck ev. auch Diffusion austretende Ernährungssaft, würde nach Durchtränkung der Kittsubstanz in dem Saftlückennetz seinen natürlichen Abfluss finden, da hier der geringste Widerstand herrscht. Nachdem er aus diesem, falls der angenommene Zusammenhang besteht, in die Lymphgefässe eingetreten ist, würden Abflussbahnen genug vorhanden sein, wie jede Injection lehrt. (Vergl. auch „Lymphgefässe").

Ob auch die Lymphe des Muskels durch die Lymphbahnen der Sehne resp. der den Muskel umgebenden Fascie theilweise mit abgeführt wird, wie Ludwig und Schweigger-Seidel es für möglich hielten, ist noch nicht zu entscheiden. Es spricht die von Genersich (81, 1870) gemachte Beobachtung dafür, dass die innere, dem Muskel zugewandte Seite der Fascie sich anders der Injectionsmasse gegenüber verhält als die äussere. Von der inneren tritt die Masse rasch in die capillaren Lymphwege, auch dann, wenn die Flüssigkeit unter der Fascie liegt und diese nur abwechselnd gespannt und erschlafft wird. Für die Medicin ist dieses Verhalten deshalb wichtig, weil es die Wirkung der Massage verständlicher erscheinen lassen würde.

Die **Nerven** der Sehnen zerfallen gleich denen der Muskeln in: Gefässnerven und sensible Nerven.

Die *Gefässnerven* sind als marklose Fasern zuerst von Engel (1847), dann (1850) von Kölliker (Mikrosk. Anat.) gesehen worden, ohne dass man Genaueres über sie wusste. In jüngster Zeit hat Ciaccio (13, XIV) eigenthümliche, aus nackten Axencylindern gebildete Geflechte beschrieben, welche theils ganz unregelmässige Formen darbieten, theils mehr länglich sind und durch die Verzweigungen des Axencylinders einer oder zweier markhaltiger Fasern gebildet werden, die zugleich mit den sensiblen zur Sehne hinziehen. Diese Geflechte befinden sich in dem Bindegewebe, welches die zwischen den Sehnenbündeln hinlaufenden Arterien umgiebt und fand Ciaccio dieselben in der Nähe der Oberfläche der Sehne des M. pronator teres und des M. adductor pollicis beim Menschen. Ja noch mehr. In einem Falle hat Ciaccio sogar, in der Sehnenausbreitung des M. rectus superior oculi des Menschen, zwischen der Tunica media und intima einer Arterie eine Nervenendigung gefunden, welche den sensiblen Endbüschen der Sehnen, die wir gleich zu beschreiben haben werden, durchaus ähnlich war. Es ist dieses die erste Nervenendigung an einem Gefässe, die bisher aufgefunden worden ist, und würde dieser Befund, falls er weiter bestätigt wird, unsere Anschauungen über Gefässinnervation wesentlich klären.

Die *sensiblen Nerven* sind markhaltig, die Fasern theilen sich mehrfach vor der Endigung und sind, ausser von der Schwann'schen noch von der perineuralen Henle'schen Scheide (Fibrillenscheide) umhüllt. Die Endigung ist eine freie und zweifacher Art:

eine auf engem Raume begrenzte feine und dichte Endverästelung, ein Endbusch; oder:

ein kleineres Vater'sches Körperchen resp. ein Endkolben.

a) Die Endbüsche. Diese Art der Endigung ist zuerst gesehen und beschrieben worden von SACHS[1] (15, 1875), dessen Beschreibung noch am meisten mit den heutigen Befunden übereinstimmt, und von ROLLETT, der sie Nervenschollen nannte und speciell in der Sehne des M. sternoradialis des Frosches untersuchte (14, 1876, LXXIII, Abthlg. III), später von MARCHI (50, XXVIII, 1881), TE GEMPT (1887 Diss. Kiel) und KERSCHNER (16, 1888). Die genauesten und umfangreichsten Untersuchungen verdanken wir GOLGI (48, Ser. II, t. XXXII, 1880), CATTANEO (48, Ser. II, t. XXXVIII, 1887 und 13, X), PANSINI (51, Ser. I, Vol. II, 1888), KÖLLIKER (52, 1889 und Handb. 6. Aufl.) und endlich CIACCIO (53, Ser. IV, t. X und 13, XIV, 1890). Aus diesen Arbeiten geht hervor, dass in der gesammten Wirbelthierreihe die sensiblen Sehnennerven in der Weise endigen können, dass nach mehrfachen Theilungen und nach Verlust der Markscheide der Axencylinder sich in einen feinen und dichten Endbusch auflöst, der sich in die secundären Sehnenbündel einsenkt und sich zwischen den diese zusammensetzenden primären Bündeln mit seinen Zweigen ausbreitet. Diese letzteren schlingen sich hierbei mehr ringförmig oder mehr spiralförmig um die primären Sehnenbündel herum, indem sie dabei eine abgeplattete, bandförmige Gestalt annehmen (CIACCIO). Eine Ausnahme machen nur die anuren Amphibien, bei denen die Endbüsche mit geraden langgestreckten Aesten verlaufen. Es würde diese Art der Endigung eine gewisse prinzipielle Aehnlichkeit mit der haben, die SACHS für die Endigung der sensiblen Muskelnerven in den Muskeln beschrieben hat (s. p. 153), insofern auch diese die Muskelfasern ringförmig oder spiralig umgreifen sollten, wenngleich die äussere Gesammtform wesentlich verschieden ist. Bis zu den Reptilien incl. findet sich nur diese einfache Grundform. Bei den Vögeln, den Säugethieren und dem Menschen tritt dagegen eine besondere Modification der Grundform mehr in den Vordergrund, welche man wohl als eine höhere Differenzirung aufzufassen hat: das „Organo nervoso terminale musculo-tendineo“, welches zuerst von GOLGI aufgefunden wurde, und das auch als „Corpusculo di GOLGI“, „GOLGI'sches Körperchen“, und „GOLGI'sche Sehnenspindel“ (KÖLLIKER) bezeichnet wird. Dasselbe hat den folgenden Bau. Es ist ein längliches, mehr cylindrisches oder mehr spindelför-

[1]) Derselbe beschreibt die Verästelung des Nerven ähnlich den KÜHNEschen Endbüschen in den Muskeln: plattenartige Endigung, bei der sich die markhaltigen Endzweige in ein wirres Gestrüpp markloser Fasern auflösen, die sich myceliumartig verfilzen.

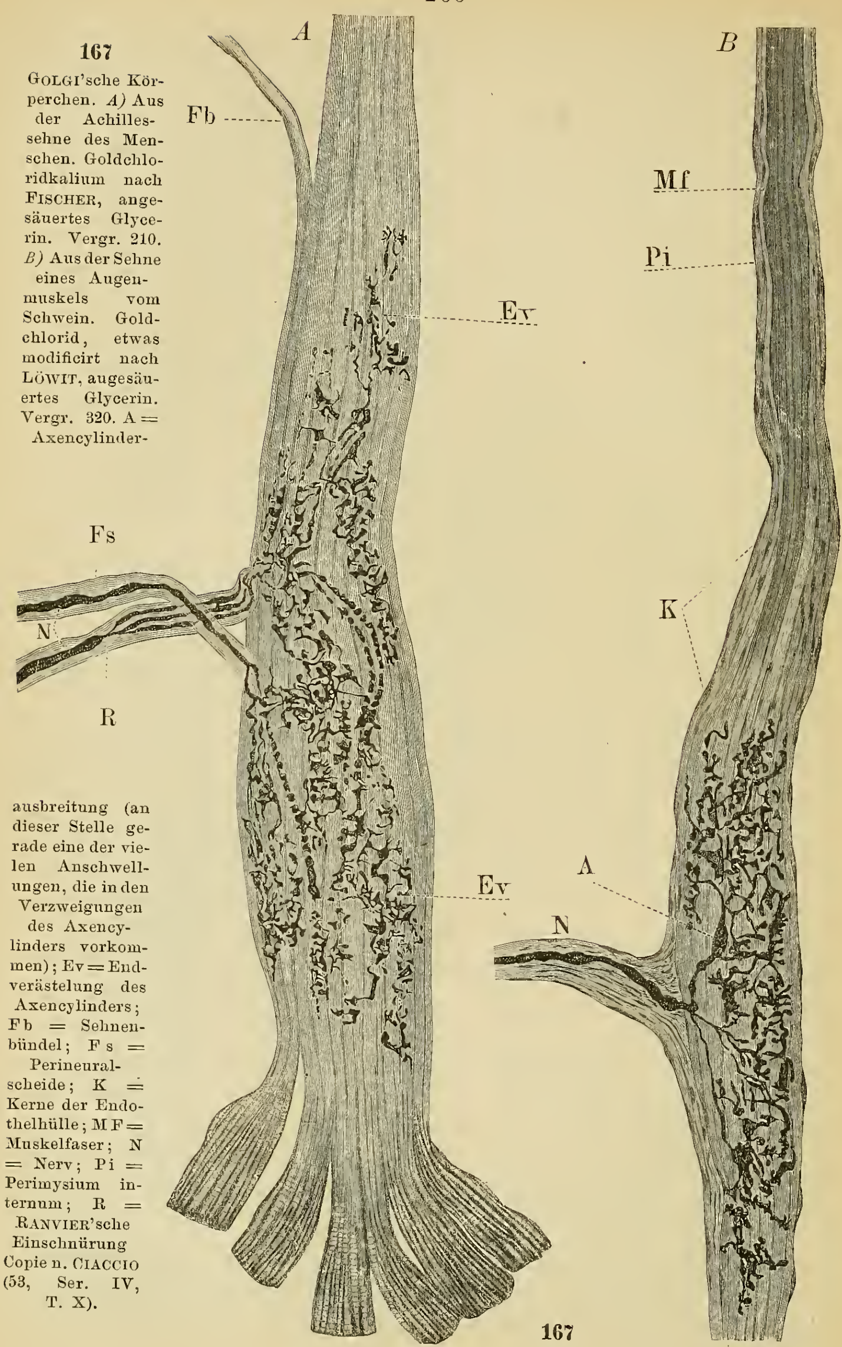


166

Zwei GOLGI'sche Körperchen mit deutlicher Endothelhülle vom Kaninchen. Behandlung mit salpetersaurem Silber und Osmiumsäure. Vergr. 100. Die von links oben kommende Nervenfaser theilt sich bei d, die beiden Aeste treten bei h in die Körperchen ein, indem ihre HENLE'sche Scheide an dieser Stelle in die Endothelhülle (e) übergeht. m = Muskelbündel; t = Sehnenbündel. Die Nervenfaser ist nur so weit gezeichnet als sie markhaltig ist, es fehlen also die Endverästelungen des Axencylinders. Copie nach CATTANEO (48, Serie II, T. XXXVIII).

miges Gebilde, welches ein secundäres Sehnenbündel oder auch zwei, drei derselben umfasst. Es liegt gewöhnlich so nahe dem Muskelansatz, dass häufig an das eine Ende des Körperchens sich direct Muskelfasern ansetzen, doch ist das nicht nothwendig. Die betreffenden Sehnenbündel und das letzte Ende der zutretenden markhaltigen Nervenfaser sind umhüllt von einer zarten aus Endothelzellen zusammengesetzten Haut, welche die directe Fortsetzung der Perineuralscheide (HENLE-sche Scheide) ist (CATTANEO). Figur 166 zeigt diese Verhältnisse sehr klar und giebt zugleich auch eine Vorstellung von der Grösse der Körperchen. Auf dem durch die Endothelhülle abgegrenzten Raume verästelt sich nun

der Axencylinder der zutretenden Nervenfaser (häufig sind es auch zwei oder drei) mit einem Endbusche oder einer entsprechenden Anzahl solcher, die den sonst noch vorkommenden hüllenlosen durchaus gleich sind und nur auf einem relativ kleinen Raume zusammengedrängt liegen (Figur 167 A, B). In Figur 167 A sehen wir ein grosses Golgi-sches Körperchen vom Menschen, welches ziemlich viele Sehnenbündel umfasst, die Hülle ist fortgelassen, es treten zwei Nervenfasern zu, von denen sich die eine noch wieder kurz vor der Endigung in drei Aeste theilt. In Figur 167 B ist das Körperchen schmaler, es setzt sich nur eine Muskelfaser an; man erkennt die Hülle noch zum Theil an den Kernen; der eine aus der Endtheilung der einzigen zutretenden Nervenfaser hervorgegangene Ast des Axencylinders, welcher nach unten hinzieht, verläuft längere Zeit ungetheilt. — Die Golgi'schen Körperchen und die zu ihnen tretenden Nervenfasern werden nach den Untersuchungen von Cattaneo in der Weise ernährt, dass die Nervenfaser gewöhnlich von zwei kleinen Blutgefässen begleitet wird, welche durch quere kurze Aeste mit einander anastomosiren. Die Körperchen selbst erhalten ihr Blut von kleinen benachbarten Gefäss-stämmen (1 bis 4), die ausserdem auch die Muskelfasern und die Sehnenbündel mit Gefässen versorgen. Der Gefässeintritt erfolgt gewöhnlich in der Nähe des einen Endes und die Gefässverästelung bleibt im Ganzen mehr oberflächlich. — Was die Verbreitung und die Menge dieser Körperchen anlangt, so scheinen sie in allen Sehnen vorhanden zu sein, doch ist dies noch nicht ganz sicher. Ihre Zahl ist im Ganzen nicht gross und scheint je nach den Sehnen ziemlich verschieden zu sein. So giebt Cattaneo an in einer platten Sehne von ungefähr 2 cm Breite 25 und mehr Körperchen gesehen zu haben, während er in anderen nur einige wenige aufzufinden vermochte. Kölliker berichtet, dass selbst in grösseren Extremitäten-muskeln kaum mehr als fünf bis zehn bis zwanzig solcher Körperchen vorhanden seien. — Was ihre G r ö s s e anlangt, so findet Kölliker bei einem siebenzigjährigen Menschen die Länge zu 1,28 bis 1,42 mm, die Breite am Muskelende zu 0,17 bis 0,25 mm, beim Kaninchen die Länge zu 240 μ bis 790 μ, die Breite zu 20 μ bis 110 μ. Cattaneo, der bei Meerschweinchen, Kaninchen, Hunden, Katzen, dem Menschen die Golgi'schen Körperchen studirt hat, giebt ganz im Allgemeinen die Länge zu 80 μ bis 800 μ, die Breite zu 50 μ bis 400 μ an. — Wie weit neben den Golgi'schen Körperchen beim Menschen und den Säugern noch die einfachen Endbüsche verbreitet sind, lässt sich zur Zeit noch nicht sagen. Ciaccio fand beide Endigungen in den



167

Golgi'sche Körperchen. *A)* Aus der Achillessehne des Menschen. Goldchloridkalium nach Fischer, angesäuertes Glycerin. Vergr. 210. *B)* Aus der Sehne eines Augenmuskels vom Schwein. Goldchlorid, etwas modificirt nach Löwit, angesäuertes Glycerin. Vergr. 320. A = Axencylinderausbreitung (an dieser Stelle gerade eine der vielen Anschwellungen, die in den Verzweigungen des Axencylinders vorkommen); Ev = Endverästelung des Axencylinders; Fb = Sehnenbündel; Fs = Perineuralscheide; K = Kerne der Endothelhülle; MF = Muskelfaser; N = Nerv; Pi = Perimysium internum; R = Ranvier'sche Einschnürung Copie n. Ciaccio (53, Ser. IV, T. X).

Sehnen der menschlichen Augenmuskeln und besonders in der des M. rectus superior, während er in denselben Sehnen von Säugethieren nur Golgi'sche Körperchen aufzufinden vermochte. Bei den Fledermäusen sah er das folgende bemerkenswerthe Verhalten: in den feinen und langen Sehnen der vorderen Extremität zeigten sich, wie bei den Reptilien, nur freie Endbüsche, in den Sehnen der hinteren Extremität dagegen und speciell in der Sehne, welche der Achillessehne des Menschen entspricht, nur sehr lange und schmale Golgi'sche Körperchen. Ciaccio meint aus diesem Befunde schliessen zu können, dass beide Arten der Endigung den gleichen Werth hätten, dass also die Golgi'schen Körperchen nicht, wie ihr Entdecker annahm, als eine höhere Differenzirung zu betrachten seien.

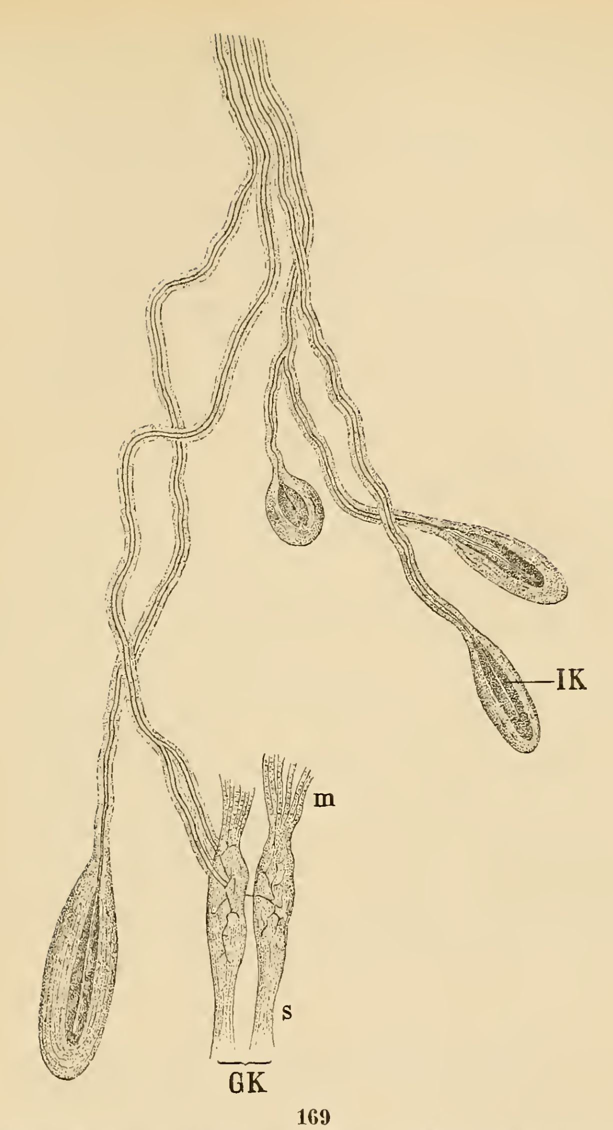
b) Vater'sche Körperchen und Endkolben. Zuerst beschrieb Sachs (15, 1875) solche von der Sehne des M. sternoradialis des Frosches („Sehnenendkolben", Länge 147 μ, grösste Breite 32 μ). Später hat sie Rauber (54, 3. Jahrg., 1876; 55, 1880 p. 635 bis 636; 56 p. 43 bis 51) in den Sehnenscheiden, in den Muskelscheiden der Vögel und Säugethiere, im Peritenonium der Sehnen, z. B. der des menschlichen Unterarms, nachgewiesen. Ferner fand sie Golgi beim Menschen in den Sehnen der Mm. palmares longus und brevis, flexores digit. commun. superfic. und prof., ulnaris intern., adductor pollicis, plantaris, gastrocnemius, tibialis post. Sie liegen nach ihm meistens auf der Oberfläche der Sehnen gegen ihren Ansatz zu oder auch in der Mitte der Muskelfascien, jedoch auch ziemlich häufig mitten im Sehnengewebe und hin und wieder in der Nähe des Muskelansatzes. Ihre Grösse schwankt von 40 bis 50 μ in der Breite und 70 bis 80 μ in der Länge bis zu 100 bis 130 μ in der Breite und 300 bis 350 μ in der Länge. Die kleineren und mittleren Formen sind die häufigsten. Bei Säugern sind diese Körperchen nach den übereinstimmenden Angaben Kölliker's und Cattaneo's seltener als beim Menschen und mehr den Endkolben ähnlich. Wie Cattaneo es bestätigt hat, liegen sie mitunter dicht neben den Golgi'schen Körperchen und die Nervenfasern beider stammen aus demselben Bündel. Die Figuren 168 und 169 lassen die eben beschriebenen Verhältnisse deutlich erkennen. Zu bemerken ist noch, dass in diesen Vater'schen Körperchen der Nerv nicht immer einfach gerade verläuft, sondern häufig sehr deutliche Knäuelbildung erkennen lässt.

Dass diese eben beschriebenen Nervenendigungen sensibler Natur sind, ist zweifellos, dass sie dem Muskelsinn oder Muskelgefühl dienen, sehr wahrscheinlich, Näheres ist darüber aber nicht bekannt. Dass



168

Ein Stückchen von der Oberfläche der Sehne des M. pronator teres des Menschen gerade von der Randzone, wo die Muskelfasern sich ansetzen. Es ziehen vom Muskel her drei Nervenfasern herab, welche nach mehrfachen Theilungen theilweise in einer Anzahl von kleinen VATER-schen Körperchen endigen, die zum Theil noch auf dem Muskel, zum grössten Theil aber auf der Sehne liegen. M = Muskel; S = Sehne. Ganz schwache Vergrösserung. Copie nach GOLGI (48, Serie II, T. XXXII).



169

Ein Nervenbündel aus den inneren Theilen der Sehne des M. pronator teres des Menschen. Endigung der Fasern in vier kleineren VATER'schen Körperchen und in zwei GOLGI'schen Körperchen (GK). IK = Innenkolben, in dessen Mitte der hell aussehende Axencylinder verläuft; m = Muskelende; s = Sehnenende der GOLGI'schen Körperchen. Vergr. etwa 30. Copie nach GOLGI (48, Serie II, T. XXXII).

der Mensch ganz besonders viele und grössere VATER'sche Körperchen besitzt, scheint für die Wichtigkeit dieser und zwar der grösseren Formen für den betreffenden Sinn zu sprechen.

2) Die **Bänder**, die **Labra glenoidea** und die **Menisken** sind im Wesentlichen der Sehne gleichgebaut, doch findet sich in den beiden letzteren einmal noch mehr oder weniger ausgedehnt „chondroides Bindegewebe“ (s. unten) und zweitens ist die Verlaufsrichtung der Fibrillenbündel entsprechend der Form und Function abweichend von der in der Sehne.

3) Die **Fascien** zeichnen sich, wie oben schon angegeben wurde, dadurch aus, dass bei ihnen mehr oder weniger viele Schichten übereinander liegen, deren jede aus einer grossen Menge einander parallel verlaufender und mit einander unter sehr spitzen Winkeln anastomosirender Fibrillenbündel zusammengesetzt ist. Die Richtung dieser ist in den aufeinander folgenden Schichten verschieden, so dass sich die Axen unter mehr oder weniger grossen, gewöhnlich einem rechten sich nähernden, Winkeln kreuzen. Auf diese Weise erhalten die Fascien die für ihre Function so nöthige Eigenschaft wenigstens nach zwei auf einander senkrecht stehenden Richtungen gleich oder annähernd gleich widerstandsfähig zu sein. Zwischen den Bündeln und den Schichten findet sich interfasciculäre und interlamelläre Kittsubstanz, in welcher sich wie bei der Sehne Flügelzellen befinden, die wiederum in Saftlücken liegen. Da diese Häute nur eine geringe Dicke besitzen, so sind besondere Züge von Bindegewebe, welche Blutgefässe etc. in das Innere leiten, nicht nothwendig. Von Nervenendigungen finden sich auf ihnen Vater'sche Körperchen und vielleicht auch Endbüsche.

Einen ganz ähnlichen Bau besitzt die Cornea, welche indessen die Eigenthümlichkeit zeigt, dass die Kittsubstanz das gleiche Lichtbrechungsvermögen besitzt wie die Fibrillen, woraus die grosse Durchsichtigkeit dieser Haut resultirt. Dieser physikalischen Abweichung entspricht auch eine chemische Verschiedenheit. Wegen des Näheren wird auf die Beschreibung der Augenhäute verwiesen.

IV) Das chondroide Bindegewebe (Apolant, 57).

Dieses unterscheidet sich von dem gewöhnlichen fibrillären Bindegewebe durch eine eigenthümliche Form und Beschaffenheit der Zellen. Während die Grundsubstanz gewöhnlich der der Sehne gleich oder ähnlich ist, haben die Zellen eine mehr kugelige oder ovale Gestalt, hin und wieder mit Fortsätzen, und ein bläschenförmiges Aussehen, ähneln also den Knorpelzellen, wie man sie meistens findet, und sind oft von solchen nicht zu unterscheiden. Dabei bleibt die Grundsub-

stanz aber durchaus collagen und unterscheidet sich dadurch scharf von jedem Knorpelgebilde (vergl. auch „Faserknorpel“).

Das chondroide Bindegewebe vermittelt einmal den Uebergang zwischen Faserknorpel und Sehnengewebe, findet sich dann aber auch selbständig nur mit ersterem (an den meisten Stellen der faserig zerfallenen Gelenkflächen) oder letzterem (Menisken) verbunden.

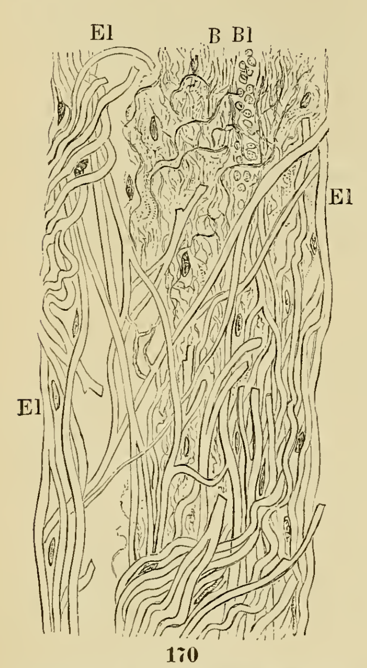
Vorkommen: Chondroides Bindegewebe ist vorhanden: in den Menisken, in den Labra glenoidea s. cartilaginea (sehr wenig), in den manchen Sehnen eingelagerten Sesamknorpeln (Sehnen des M. peroneus longus und des M. tibialis posticus), ferner an der Mitte der Innenseite der Quadriceps-Sehne und am Ansatz der Achillessehne.

V) Das elastische Gewebe.

Vollzieht sich die Differenzirung der Grundsubstanz derartig, dass die elastischen Elemente dabei besonders stark zunehmen, während die Entwickelung der Fibrillenbündel im Gegentheil mehr zurückbleibt, so erhalten wir das elastische Gewebe. Dasselbe kann einmal selbstständige Organe bilden, und findet sich zweitens vielfach in mehr oder weniger scharf abgesonderten Massen in anderen Organen vor.

Organe, welche von elastischem Gewebe gebildet werden, besitzen eine weissgelbliche Farbe und sind elastisch wie Kautschuk. Sie sind am besten geeignet, um den Bau des Gewebes zu studiren. Beim Menschen gehören hierzu die Ligg. intercruralia oder flava, bei den grossen Haussäugethieren auch das Lig. nuchae, welches beim Menschen im wesentlichen Bindegewebe enthält. Nehmen wir ein Lig. nuchae des jungen Rindes als Beispiel (Figur 170). Sehr starke elastische Fasern (El), auf dem Querschnitte mehr kreisförmig oder mehr polygonal, verlaufen bald parallel, bald sich unter spitzen Winkeln kreuzend, geben unter spitzem Winkel abtretende Aeste ab, die sich wieder mit benachbarten Fasern verbinden, und bilden so ein Netzwerk mit langen spaltförmigen Maschen. Zwischen den Fasern in den Maschen liegt eine homogene Grundsubstanz mit relativ spärlich eingelagerten Fibrillenbündeln (beide sind collagen), darin Bindegewebszellen, deren Kerne durch Färbung deutlich hervortreten (Figur 170). Solche Zellen finden sich in grosser Menge auch in dem Lig. nuchae des erwachsenen Thieres. Die elastischen Fasern zeigen sich an Zerzupfungspräparaten häufig abgerissen, die Rissenden sind glatt und ihre Begrenzungscontur steht ungefähr senkrecht zu der Seiten-

contur. Aeste sind oft dicht an ihrer Abtrittsstelle abgerissen und erscheinen dann wie consolenartige Verbreiterungen der Stammfaser (Figur 170 links in der Mitte und rechts unten). Die freien Faserenden sind häufig hirtenstabförmig umgebogen. Die Bindegewebszellen sind platte Gebilde, welche öfters den elastischen Fasern dicht anliegen ohne jedoch zu denselben sonst in irgend einer Beziehung zu stehen.

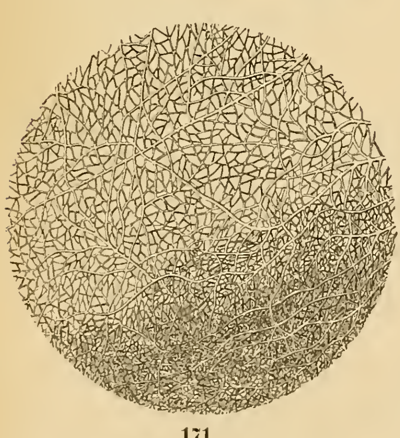


170
Aus dem Nackenbande eines Rindes, nach Behandlung mit Alkohol zerzupft und mit Blauholz gefärbt. B = Bindegewebe; Bl = Blutgefäss mit Blutkörperchen; El = Elastische Fasern. Vergr. 224.

Das bisher erwähnte Bindegewebe ist die directe Muttersubstanz der elastischen Fasern. In den Organen und so auch im Lig. nuchae findet sich aber ausserdem eine Hülle von ungeordnetem fibrillärem Gewebe auf der Oberfläche, von dem aus scheidewandartige Züge in das Innere hineindringen, welche Bündel des elastischen Gewebes umhüllen und abgrenzen. Wie man sieht, ähnelt dieser Bau durchaus dem der Sehne; die interstitiellen Bindegewebszüge des Lig. nuchae entsprechen dem Peritenonium internum etc. Doch sind die Septa beim Lig. nuchae nicht so vollständig und unregelmässiger (Schwalbe). Jedenfalls dienen sie aber demselben Zwecke, der Ernährung, denn in ihnen verlaufen die spärlichen Blutgefässe. Im oberen Theile der Figur 170 ist ein Stück eines solchen interstitiellen Gewebszuges dargestellt. Man sieht die reichliche Menge der Fibrillenbündel (B), darin ein Blutgefäss (Bl). Auch in diesem Bindegewebe verlaufen eigene zu ihm gehörende elastische Fasern, welche sich (s. Figur) schon durch ihre Feinheit, dann aber auch durch die abweichende Verlaufsrichtung sofort von denen des Lig. nuchae selbst unterscheiden lassen. — Auch Lymphgefässe, aus einem einfachen Endothelrohre bestehend, ziehen zwischen den Bündeln eingebettet in das Bindegewebe der Septa dahin. Von den grösseren, welche der Axe der Bündel parallel laufen, gehen kleinere unter mehr rechten Winkeln ab, die theils wieder in longitudinale umbiegen, theils die Bündel umgreifend Ana-

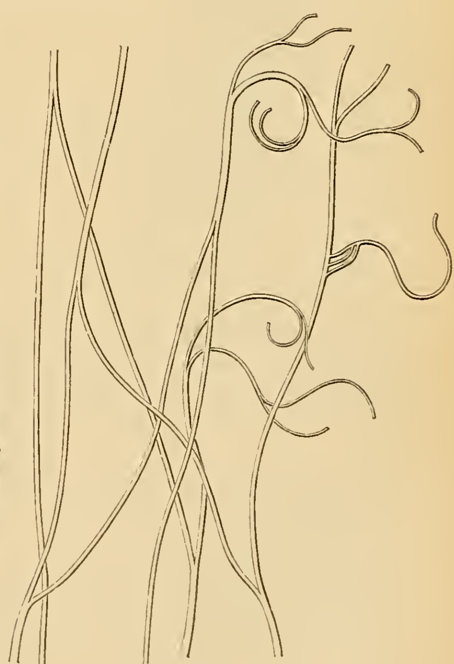
stomosen mit benachbarten herstellen (SCHWALBE 7, 11). — Saftlücken haben sich in der Grundsubstanz nicht nachweisen lassen; letztere scheint äusserst quellungsfähig und wasserreich zu sein, und so ist es möglich, dass bestimmte Lücken für Saftströmungen in ihr nicht nöthig und nicht vorhanden sind.

Die Erscheinungsweise des elastischen Gewebes, soweit es in anderen Organen eingebettet liegt, ist äusserst verschiedenartig: die Fasern können sehr verschieden dick sein, die Netze können sehr verschieden grosse Maschen besitzen, die Fasern können sich bandartig abplatten, sie können dann mit einander verschmelzen und homogene Membranen bilden (M. SCHULTZE 58), an denen statt der sonst vorhandenen Maschen kleinere oder grössere rundliche oder ovale Fenster vorhanden sind: gefensterte Membranen (HENLE). Ein Organ, in dem man eine ganze Anzahl verschiedener Formen eingelagert findet, ist die Aorta. Ferner liegen Membranen überhaupt in der Intima kleiner und mittlerer Blutgefässe, mächtige dichte Netze in der Trachealschleimhaut, feinere in der Chorioidea und Suprachorioidea etc. Figur 171 stellt ein sehr dichtes, aus sehr feinen Fasern bestehendes Netz aus der Intima der menschlichen Aorta dar, bei welchem eine grössere Anzahl von



171

Stück aus einem sehr feinen elastischen Netze aus der Intima der menschlichen Aorta. Isolirt durch Zerzupfen nach Einwirkung von Kalilauge. Im oberen Theile liegt eine einfache Schicht vor, unten sieht man mehrere Schichten übereinander. Vergr. 388.



172

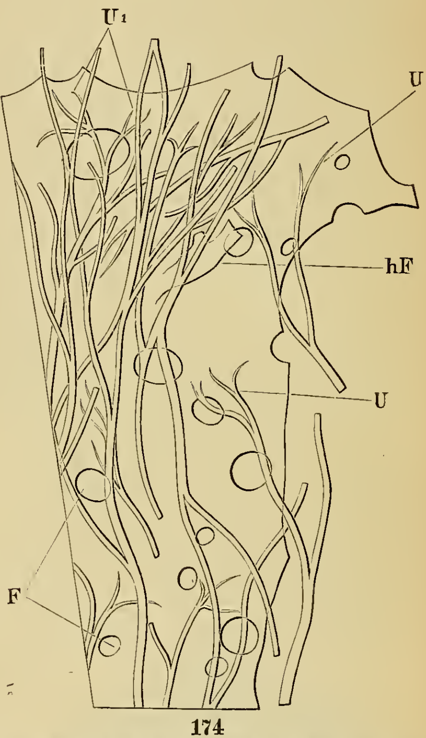
Mässig starke elastische Fasern, die ein grossmaschiges Netz bilden. Aus der Adventitia der menschlichen Aosta. Kalilauge-Wasser. Vergr. 388.

Schichten sich übereinander lagert, die natürlich sämmtlich durch zahlreiche Anastomosen mit einander verbunden sind. Im Gegensatze dazu zeigt Figur 172 elastische Netze mit langen etwas dickeren Fasern und weiten Maschen aus den äusseren, an die Adventitia stossenden ev. dieser schon angehörenden Theilen der Aorta. Figur 173 stellt ein sehr eigenthümliches Bild dar:



173

Mehr platte elastische Fasern mit zahlreichen feinen Verbindungen und Andeutung von Plattenbildung. Aus den äussersten Schichten der Media der menschlichen Aorta. Kalilauge-Wasser. Vergr. 388.



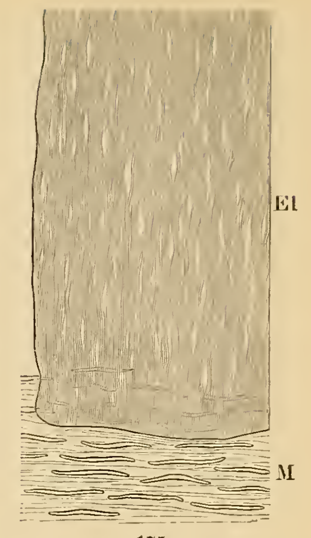
174

Stück einer elastischen gefensterten Membran mit grossen Oeffnungen (F), von welcher eine Anzahl von elastischen Fasern mit sehr feinen Wurzeln entspringen (U). Bei U′ liegt der Ursprung auf der Rückseite der Membran und die Faser tritt durch ein Fenster auf die Vorderseite. Bei hF ein breiter häutiger Fortsatz, der von der Vorderfläche der Membran entspringt. Auf der Membran liegen dann noch elastische, ein gröberes Netz bildende Fasern, zwischen welche die Membran eingelagert ist. Aus den äusseren Schichten der Media einer menschlichen Aorta. Zerzupfen nach Kalilauge in Wasser. Vergr. 388.

ziemlich feine und mehr platte elastische Fasern geben an mehreren Stellen eine grössere Anzahl sehr feiner, mehr parallel laufender Aestchen ab, und verbreitern sich an einer Stelle membranartig. Nur mit wenigen grösseren Fenstern versehen ist die in Figur 174 dargestellte gefensterte Membran, von deren Flächen eine Anzahl von elastischen Fasern mit sehr feinen Wurzeln ihren Ursprung nimmt. So ist eine innige Beziehung zwischen den elastischen Fasern und elastischen Membranen nicht zu verkennen.

Figur 175 giebt ein Bild einer feingestreiften, mit sehr kleinen Fenstern versehenen elastischen Membran, wie sie namentlich für die Intima kleiner Arterien charakteristisch ist.

Feinerer Bau und Reactionen. Ob die elastischen Fasern überhaupt eine feinere Structur besitzen und welcher Art diese ist, lässt sich noch nicht bestimmt angeben. Dass sie sich nicht aus Fibrillen zusammensetzen, wie man früher wohl glaubte, erscheint sicher. RANVIER (9) nimmt an, dass sie sich aus kleinen bei starken Vergrösserungen indessen doch deutlich sichtbaren kugeligen oder mehr linsenförmigen Körperchen aufbauen und lässt sie bei ihrer ersten Entstehung auch aus Reihen solcher hervorgehen. Für diese Ansicht spricht indessen kaum etwas, was sonst über die elastischen Fasern bekannt ist, und wie EWALD (10, XXVI) wohl mit Recht hervorhebt, machen die RANVIER'schen Bilder den Eindruck, als ob sie durch Zersetzung entstanden seien. Eine dritte Anschauung endlich ist die, dass eine äussere festere, eine innere weniger feste und weniger widerstandsfähige Substanz umschliesse, und dass beide von einer sehr zarten Scheide umhüllt seien, die nach ihrem Entdecker auch als die SCHWALBE'sche Scheide bezeichnet wird. Danach würde dann jede Faser aus drei verschiedenen Theilen, Substanzen, sich aufbauen. Dass es sich dabei nicht um einfach röhrenförmige Gebilde handelt, ist schon seit längerer Zeit nachgewiesen. Nach den Untersuchungen von SCHWALBE (7, II) und von PFEUFFER (1, XVI), die in neuester Zeit von EWALD (10, XXVI) im Wesentlichen bestätigt und noch erweitert sind, erscheint es als sicher, dass an jeder Faser eine mässig-dicke, dichtere Randschicht und eine weniger dichte Mittelpartie sowie wahrscheinlich auch immer die oben erwähnte Hülle zu unterscheiden sind. Vielleicht ist der Aufbau sogar noch complicirter, da EWALD nach Einwirkung von starker Osmiumsäure (2 %)



175

Stück einer feingefensterten elastischen Membran aus einer Gehirnarterie des Kalbes, zerzupft in Wasser nach Behandlung mit einer Mischung von concentrirter Zuckerlösung und 3procentiger Essigsäure zu gleichen Theilen. Vergr. 388. El = elastische Membran. In den hier als Fenster eingezeichneten mehr spindelförmigen Räumen, die unmittelbar von den Fasern, die in der Membran hervortreten, begrenzt werden, lagen mehrfach noch kleinere mehr kreisförmige Öffnungen, die von einem homogen erscheinenden Theil der Membran begrenzt waren; diese sind auf der Abbildung versehentlich nicht wiedergegeben; M = Stück der Muskulatur der Media.

und von Kalilauge sogar eine concentrische mehrfache Schichtung nachzuweisen vermochte. Ob diese verschieden widerstandsfähigen Substanzen chemisch different sind oder sich nur physikalisch durch einen verschiedenen Grad der Dichte unterscheiden, ist noch nicht sicher zu sagen. Die charakteristische Substanz der elastischen Faser ist das Elastin. Nach SCHWALBE sollen zwischen den kleinsten Theilchen dieses sich mehr oder weniger Wassertheilchen einschieben und so sich die verschiedene Dichte erklären. PFEUFFER hält es nicht für unwahrscheinlich, dass eine von ihm sogenannte „collagene" Substanz sich mit dem Elastin mische. Die SCHWALBE-sche Scheide weicht am meisten von der übrigen Substanz ab. Auch EWALD nimmt zwei Substanzen an, die in den elastischen Fasern gemischt seien. Die Verschiedenheit der Rand- und Mittelsubstanz ist schon auf dem einfachen Querschnitte zu erkennen, die beiden sind optisch verschieden, weitere Einblicke gewähren chemische Reactionen. Ich kann auf diese hier nicht in extenso eingehen und verweise dieserhalb auf die oben citirten Arbeiten, doch will ich Einiges kurz erwähnen. Wie ich oben, p. 246, schon angeführt habe, sind die elastischen Fasern gegen die Einwirkung von verdünnten Säuren und Alkalien, welche die Fibrillenbündel so stark verändern, durchaus unempfindlich. Starke Essigsäure erzeugt nur eine leichte Quellung, wogegen durch Aetzbaryt, sowie durch concentrirte Schwefelsäure eine starke Quellung eintritt. 35procentige Kalilauge lässt schon nach 24 Stunden leichte Veränderungen an den Fasern erkennen, so ist z. B. die Elasticität derselben zerstört (ebenso wie durch absoluten Alkohol). Nach 2 Tagen tritt eine Querstreifung auf, später eine Vacuolisirung und Lösung, die in der Axe der Faser beginnt. Nach längerer Einwirkung der 35procentigen Kalilauge lässt sich bei völligem Auswaschen mit Wasser eine helle Hülle isolirt darstellen (SCHWALBE, EWALD). Sehr eigenthümlich und charakteristisch ist ein Querzerfall der Faser, mit dem zugleich eine Canal- resp. Spaltbildung in der Axe verbunden zu sein pflegt. SCHWALBE erhielt denselben sehr schön nach einer mindestens 3 bis 4wöchentlichen Einwirkung von $^1/_{20}$ bis $^1/_{30}$procentiger Chromsäurelösung, wobei derselbe indessen weniger von der Einwirkung dieser Säure als von der eintretenden Fäulniss abhängig zu sein schien, da er auch bei längerer Einwirkung von Wasser am besten in Verbindung mit zeitweiligem Trocknen (H. MÜLLER 36, 1860) eintritt. EWALD konnte nachweisen, dass diese Fäulnisszerklüftung nur bei Anwesenheit von Fäulniss erregenden Bacterien zu Stande kommt. Aehnliche nur weit

intensivere Zerklüftung mit centraler Canalbildung tritt nach Trypsin- und Pepsinverdauung ein. Sehr eigenthümlich ist die Beobachtung von EWALD, dass Osmiumsäure in mittlerer Stärke (0,5 %) die elastischen Fasern leichter verdaulich macht und in stärkerer Lösung (2 %) sie zuerst stark quellen lässt, wobei die oben erwähnte concentrische Schichtung auftritt, und zuletzt völlig zerstört (vielleicht mit Ausnahme einer durchsichtigen Scheide), während das Bindegewebe durchaus erhalten bleibt. Diese Wirkung tritt aber nur ein, wenn sich eine alkalische Osmiumverbindung bilden kann, ein Zusatz von irgend einer Säure verhindert sie. Werden mit 0,5procentiger Osmiumsäure behandelte Fasern erst einige Zeit der Pepsineinwirkung ausgesetzt, dann aber einer alkalischen Trypsinlösung, so tritt die SCHWALBE'sche Scheide ausserordentlich klar hervor bei rascher Zerstörung ihres stark lichtbrechenden Inhalts (EWALD). Sehr schön vermag man dieselbe auch darzustellen, wenn man nach kürzerem Einlegen in Kalilauge, so dass darauf folgende Wasserwirkung nur eine geringe Quellung bewirkt, eine alkalische Trypsinlösung einwirken lässt (EWALD). Als sehr geeignet, um die elastischen Fasern deutlich hervortreten zu lassen, ebenso ihre Trümmer nach Verdauung, erweist sich eine Färbung mit Indulin (EWALD), welche auch für Balsampräparate ausreicht.

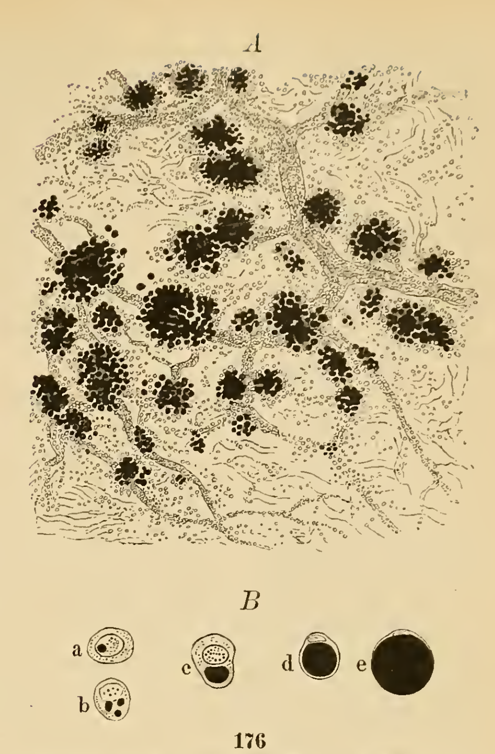
Wachsthum. Während der Entwickelung treten die elastischen Fasern durchschnittlich erst spät auf und nehmen weiterhin an Dicke und an Anzahl der Aeste zu. So ist der Durchmesser der Fasern des Lig. nuchae vom Kalbe nach PFEUFFER 2,7 bis 3,6 μ, vom einjährigen Rinde circa 7,2 μ, vom 3 bis 5jährigen Ochsen 9 bis 10 μ.

VI) Das Fettgewebe.

Wie KÖLLIKER (36, VII und 16, 1886) und TOLDT (14, LXII, Abthlg. II) nachgewiesen haben, besitzen die im Bindegewebe befindlichen mit Fett erfüllten Zellen, die Fettzellen, einen zweifachen Ursprung. Einmal sind es gewöhnliche Bindegewebszellen, welche Fett in sich erzeugt haben (vergl. p. 252), zweitens sind es Zellen bindegewebiger Natur, die in besonderer Weise differenzirt speciell für die Fetterzeugung bestimmt sind. Diese bilden das specifische Fettgewebe, gleichgültig ob sie fetthaltig oder fettfrei sind. Das Fettgewebe wird bei der Entwickelung an bestimmten Stellen des Körpers zuerst angelegt und liegt daher bei Embryonen und neugeborenen Wesen an diesen Stellen, von ihnen sich weiter ausbreitend, in grösse-

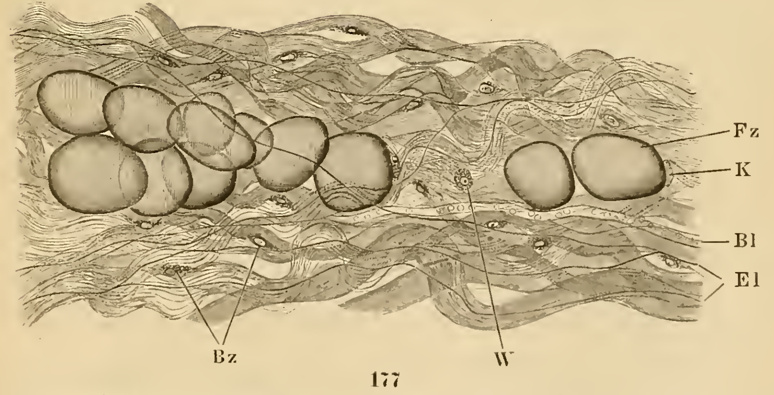
rer Masse zusammen, so die Primitivorgane der Fettläppchen (Kölliker), ein Fettkeimlager (Toldt) bildend. Von diesen Stellen aus wächst es allmählich überall dort hin, wo später ein typisches Fettgewebe vorkommt. Das Fettgewebe findet sich zunächst an den Beugeseiten der Hüft- und Schultergelenke, später auch an Hals und Nacken; in der Bauchhöhle zuerst in der Umgebung der Nieren, von hier sich ausbreitend nach der Leistengegend, bei älteren Embryonen (Katzen) auch im Mesenterium. Bei eben geworfenen Katzen ferner (nach Metzner 7, 1890) in zwei paarigen Lappen neben der Blase und in einem Läppchen im Mesorectum. Das Fettgewebe tritt zuerst in Form von grau-röthlichen Läppchen auf, die von einer zarten Bindegewebshülle umgeben sind. Sie bestehen aus rundlich-polygonalen, starkkörnigen, membranlosen Zellen mit schönem, deutlichem Kern. Die Körnchen fasst Altmann als entsprechend seinen „Granula“ auf. Die Zellen ähneln den Plasmazellen (Waldeyer), scheinen aber nicht mit ihnen identisch zu sein. Zwischen den Zellen liegt ein sehr dichtes Capillarnetz (jede Zelle gewöhnlich von einer Capillarschlinge umgeben), das von der zu jedem Läppchen tretenden Arterie ausgeht, die von der entsprechenden Vene begleitet wird, so dass jedes Läppchen ein abgeschlossenes Gefässsystem besitzt. Bei neugeborenen Hunden und Katzen sind die Zellen noch völlig fettfrei. Wird den Thieren die geeignete Nahrung (z. B. Milch) zugeführt, so tritt das Fett in den Zellen zuerst in Form von kleinen Tröpfchen auf. Dasselbe ist zu erkennen: einmal an seinem starken Glanze, ev. an einer von einem gelösten Farbstoffe herrührenden Gelb- oder Orangefärbung (beim Menschen, Hunden und Katzen relativ schwach, doch individuell verschieden), und drittens daran, dass gewisse Reagentien es färben, so Ueberosmiumsäure braun bis schwarz, alkoholischer Alkannaextract hellgelbroth, Cyanin blau. Später treten die kleinen Fetttröpfchen zu immer grösseren Tropfen zusammen. Figur 176 zeigt in A die Anordnung von Fettträubchen oder Fettläppchen in dem Mesenterium eines älteren Rindsembryo nach Osmiumbehandlung. Man erkennt die Beziehung zu den Blutgefässen. In Figur 176 B sind von demselben Präparate einige Zellen bei stärkerer Vergrösserung gezeichnet, welche die allmähliche Fettfüllung derselben erkennen lassen, die allerersten Stadien mit ganz feinen Tröpfchen sind nicht gezeichnet. In a sieht man ein Tröpfchen, das zufällig vor dem Kerne liegt, in b drei Tröpfchen, in c sind die kleinen schon zu einem grösseren Tropfen zusammengeflossen, in d und e hat dieser noch mehr an Masse zugenommen, der Kern wird von ihm

mit dem Reste des Protoplasmas mehr und mehr zur Seite gedrängt und abgeplattet resp. gegen eine Zellmembran angedrückt, die sich während der zunehmenden Fettumwandlung allmählich gebildet hat, sei es nun als Abscheidung der protoplasmatischen Randschicht, sei es durch Umwandlung derselben. So entsteht die sogenannte „Siegelringform" der Fettzelle (e). Die Zelle nimmt dabei an Umfang zu, sieht isolirt mehr kugelig aus, im Haufen polygonal. In Figur 177 sieht man prallgefüllte Fettzellen, erkennt bei zweien den Kern, zu dem hinlaufend auch die Membran deutlich hervortritt. Löst man an isolirten Fettzellen das Inhalts-



176

Fettentwickelung in dem grossen Netze eines Rindsembryo. Fixirung in Ueberosmiumsäure. *A)* Fettläppchen im Zusammenhange mit den Blutgefässen Vergr. 55. *B)* a bis e. Einzelne Zellen in verschiedenen Stadien der Fettfüllung. Vergr. 350.



177

Fibrilläres Bindegewebe mit Fettzellen aus der Nähe der Trachea des Kalbes, frisch in Jodserum. Die Bindegewebszellen und Kerne etwas deutlicher als in Natur. Vergr. 224. Bl = Blutgefäss mit einigen Blutkörperchen; Bz = Bindegewebszellen; Fz = Fettzelle; K = Kern einer solchen; El = elastische Faser, W = Wanderzelle.

fett, so bleibt ein zartes, helles, gefaltetes Häutchen übrig: die Membran. Nach dem Tode zeigen sich häufig, mitunter sehr schnell, kugelige Haufen von nadelförmigen Krystallen, sogenannte Margarinkrystalle (Palmitin- und Stearinsäure), in den Zellen.

Füttert man neugeborene Hunde und Katzen mit fettfreien Substanzen (Fleischsaft, Stärkeaufkochung mit Zucker, Peptonlösung mit Zusatz von Fleischbouillon), so bildet sich das Fettorgan ebenfalls weiter aus, aber die Zellen bleiben körnig und fettfrei (B. Metzner 7, 1890 p. 82 ff.). Nach demselben Autor geht die Fettbildung in den Zellen durch Umbildung der einzelnen Altmann'schen Granula in Fetttröpfchen vor sich.

Markhaltige Nervenfasern dringen mit den Blutgefässen in die Fettläppchen ein. Endigung unbekannt (Toldt). — Lymphgefässe hat Toldt in dem subcutanen Fettgewebe der Menschen in Form von breitmaschigen Capillarnetzen nachzuweisen vermocht; jedoch gelang ihm die Injection nicht so vollständig, dass die Gesammtanordnung derselben in einem Läppchen zu erkennen gewesen wäre.

Von diesem typischen Fettgewebe sind, wie oben schon erwähnt, zu unterscheiden jene fetterfüllten Zellen, welche im fibrillären Bindegewebe häufig mehr einzeln oder auch in Gruppen vorkommen (vergl. Figur 177), und die sonst durchaus den fettgefüllten Zellen des ersteren gleichen. Toldt hat die Hauptunterscheidungspunkte dahin zusammengefasst, dass einmal die Constanz der Oertlichkeit und die typische Anordnung zu Läppchen fehle, dass zweitens die Zellen eigentlich einem anderen Gewebe zugehören und nach Schwund des Fettes ihren früheren Charakter resp. ihre frühere Function wieder erhalten, dass drittens ein selbständiges Blutgefässsystem fehle: die in der Umgebung der Fettanhäufung event. vorkommenden Gefässe gehören zu dem Grundgewebe.

Ausser den bisher genannten der Bindegewebsgruppe angehörenden Zellen findet man Fett in geringen Mengen auch in Knorpelzellen.

Es giebt aber auch noch andere, zwar nicht direct bindegewebige, aber doch diesen nahe verwandte Zellen, welche zu Fettzellen werden können: die Leukocyten (Markzellen) des Knochenmarks, welche sich je nachdem als gut ausgeprägte Fettzellen zeigen oder der Blutbildung dienen können (vergl. auch „Knochenmark“ und „Blutbildung“).

Ferner besitzen auch epitheliale Zellen die Fähigkeit, Fett zu produciren, so die Drüsenzellen der Leber. Es ist also diese Fähigkeit weder an das specifische Fettgewebe, noch überhaupt an

das Bindegewebe gebunden. In pathologischen Fällen finden sich Fetttröpfchen auch in vielen anderen Zellen, z. B. Muskelfasern.

Die fetterfüllten Zellen des fibrillären Bindegewebes, wie namentlich die des Fettgewebes, haben die wichtige Function zur Zeit einer reichlichen Ernährung Nahrungsmaterial als Vorrath in sich aufzuspeichern, das bei Eintritt einer nicht ganz zureichenden Ernährung dann wieder aus den Zellen in den Kreislauf zurückgeht und zur Ernährung des Organismus verbraucht wird. Geschieht dieses, so wird das Fettgewebe atrophisch. Bei noch ganz jungen Kätzchen fand Metzner, dass beim Schwinden des Fetts die Granula wieder auftraten, so dass die alten körnigen Zellen wieder da waren, wie vor der Fettaufnahme. Bei älteren Thieren und ebenso beim Menschen treten indessen bei der Atrophie andere bestimmte Formen auf. Nach Flemming vermag man drei Arten der Atrophie zu unterscheiden:

1) Die einfache Atrophie. Die ganze Zelle nimmt bei Abnahme des Fetts an Grösse ab. Die Zellen erscheinen wie kleine Fettzellen. Dass es sich um Atrophie handelt, sieht man am besten daraus, dass Zellen, welche das folgende Stadium zeigen, dazwischen liegen. Diese Atrophie tritt ein bei langsamem Fettschwund.

2) Die seröse Atrophie. Der Fettschwund geht schneller vor sich. In der Zelle bleiben anscheinend leere helle Räume zurück, die mit einer schleimigen Flüssigkeit erfüllt sind. Das Protoplasma, in dessen Mitte nun wieder der Kern liegt, befindet sich in der Mitte des durch die Membran begrenzten Zellraumes und besitzt häufig eine strahlige Form.

3) Die Wucheratrophie. Diese kommt oft an einigen Zellen zusammen mit der vorigen vor. Sie zeichnet sich dadurch aus, dass der Kern der Zelle sich theilt, und dass häufig auch neue kleine Zellen gebildet werden, die in der Höhle der alten liegen. Es ist dieses also ein Kern- mit eventuell nachfolgendem Zellzerfall, wie er bei degenerirenden Zellen häufiger zu beobachten ist.

Die nach der Atrophie übrig bleibenden Zellen besitzen vielfach direct die Form der fixen Bindegewebszellen, sei es nun, dass sie ursprünglich solche oder specifische Fettzellen waren.

Bei der Atrophie verändert sich auch makroskopisch schon die Farbe des Fettgewebes, dieselbe wird dunkler und intensiver, da der Farbstoff des Fetts nun gewissermassen eingedickt wird. So sieht menschliches Fett dunkler gelb resp. orangeroth aus. Doch wirkt hierbei auch mit, dass bei der Atrophie des Fetts die Blutgefässe mehr hindurchschimmern und so mehr Roth der Farbe des Fettge-

webes beigemischt wird. Uebrigens ist, worauf Flemming (1, XII) speciell aufmerksam gemacht hat, die Farbe des Fetts beim Menschen an sich verschieden, so dass man aus der Intensität der Färbung keinen sicheren Schluss auf den Grad der Atrophie zu ziehen vermag.

Bei höheren Graden der Atrophie wird, wie Flemming gezeigt hat, auch das Blutgefässnetz atrophisch.

Uebrigens bleibt auch bei starker Abmagerung und nach langem Kranksein noch immer Fett übrig, namentlich beim Menschen, bei welchem nach Flemming das Schwinden des Fetts sehr viel langsamer vor sich geht als bei anderen Wesen. Es werden bei ihm wohl zuerst andere Gewebe, so namentlich das Muskelgewebe, zum Ersatz herangezogen.

Ausser der Function die Ernährung des Körpers zu reguliren hat das Fettgewebe noch andere Nebenfunctionen, so die, als Füllmaterial für Lücken und Höhlen zu dienen, als wärmende Hülle des Körpers, als Schutzpolster gegen Druck und Stoss. Es wird also sehr vielseitig verwendet.

Es folgen die anderen drei Bindesubstanzen, das Knorpel-, Knochen- und Dentingewebe. Alle drei kann man als Differenzirungen des Bindegewebes auffassen und zwar eines fibrillären, alle drei haben daher auch die Eigenthümlichkeit, dass sie von einem solchen Bindegewebe aus ernährt werden und wachsen, sei es nun, dass dasselbe die äussere Oberfläche der betreffenden Theile überzieht: Perichondrium, Periost, sei es, dass es als ein innerer Zapfen erscheint: Zahnpapille, sei es, dass es mehr oder weniger ausgedehnte Wucherungen von Aussen her in das Innere hineinsendet: Knorpelmark und Knochenmark.

B. Das Knorpelgewebe.

Dasselbe ist dadurch charakterisirt, dass die Grundsubstanz chondrigen ist. In den meisten Fällen ist auch die Form und Anordnung der Zellen charakteristisch, doch können diese ebenso wie die Menge der glasigen Grundsubstanz sehr wechseln. Soweit der Knorpel selbständige Theile bildet, ist seine Oberfläche überzogen von einer ziemlich derben Haut verfilzten fibrillären Bindegewebes, dem Perichondrium, welches Blutgefässe führt, und so-

wohl die Ernährung wie das äussere Wachsthum, ev. die Neubildung des Knorpels besorgt. Wir unterscheiden, wieder nach der Beschaffenheit der Grundsubstanz, drei Arten des Knorpels:

den hyalinen Knorpel,
den elastischen oder Netzknorpel,
den Bindegewebs- oder Faserknorpel,

und besprechen den hyalinen zunächst, da er als der einfachste das Wesentliche am deutlichsten zeigt und so einen guten Ausgangspunkt für die Beschreibung bildet.

I) Der hyaline Knorpel[1].

Derselbe besitzt ein milchglasähnliches Aussehen, ist von ziemlicher Festigkeit und Widerstandsfähigkeit, dabei in Scheiben biegsam und elastisch.

a) **Die Zellen.** Auf einem frischen Schnitte, der sich bei der eigenthümlichen Consistenz des Knorpels leicht in hinreichender Dünne anfertigen lässt, sieht man (Figur 178) in den tieferen Theilen des Knorpels gewöhnlich schöne, grosse, mehr rundliche oder mehr ovale, ev. stumpf polygonale Zellen (Knz), die sehr häufig in grösseren oder kleineren Gruppen zusammenliegen. In diesen platten sie sich an den einander zugewandten Seiten ab. Jede Zelle besitzt einen sehr zartkörnigen Protoplasmaleib und einen grossen, hellen, bläschenförmigen Kern mit scharfer Umgrenzung, mehr oder weniger deutlich hervortretenden Netzknoten, sowie Kernkörperchen. Mitunter sieht man auch zwei Kerne. Häufig finden sich im Zellleibe eingelagert kleine Fetttröpfchen, ferner Glycogen (braunrothe Färbung nach Jodzusatz).

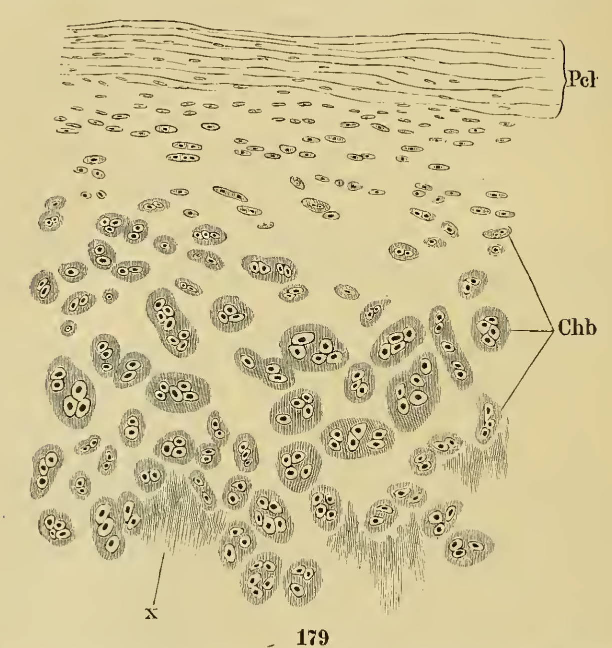


Hyaliner Knorpel. Schnitt durch frischen Gelenkknorpel des Frosches. (Caput femoris). Knh = Knorpelhöhle; Knz = Knorpelzelle; Knz′ = geschrumpfte Knorpelzelle; die helle Lücke mit den kleinen Körnchen in der Mitte des Bildes stellt einen Theil einer Knorpelhöhle mit Rudimenten der durch den Schnitt zerstörten Zelle dar. Vergr. 350.

Vielfach erscheinen die Zellen indessen auch spindelförmig oder flach

[1]) Eine ausführlichere Literaturübersicht findet man in der Arbeit von Omer van der Stricht (99, VII, 1887).

scheibenförmig (dann im Querschnitt spindelförmig), so namentlich in den mehr oberflächlichen Schichten des Knorpels. In diesen nimmt dabei zugleich die Grösse der Zellen ab und ebenso die Zahl der zusammenliegenden Zellen, die Gruppen hören auf und die Zellen liegen meist einzeln (Figur 179). Je mehr man sich dem Perichon-



179

Hyaliner Knorpel: Perichondrium und Chondrinballen. Schnitt aus dem Thyreoidknorpel eines etwa 30 jährigen Mannes. Alkoholhärtung. Tropaeolin-Methylviolett. Vergr. 100 Chb = Chondrinballen (Knorpelkapseln); Pch = Perichondrium; x = Faserige Zerklüftung. Die dunklen Höfe um die Zellen waren auf dem Präparat blau. Das Perichondrium und die hellgelassene Grundsubstanz erschienen gelb, wenn auch in verschiedenen Nüancen. Die Fasern bei x waren violett.

drium nähert, um so mehr tritt auch eine Anordnung der Zellen in Reihen, parallel der Oberfläche, resp. in Schalen hervor. Die Oberfläche der Gelenkknorpel verhält sich ähnlich.

Die Zellen besitzen mitunter auch Fortsätze und bekommen dann häufig eine sehr zierliche, sternförmige Form. Solche verästelte Zellen sind gefunden: bei Cephalopoden, Selachiern, Ganoiden, im Gelenkknorpel der Fussknochen des Kalbes, an der freien Oberfläche von Gelenkknorpeln bei Säugern, im Kehlkopfe des Ochsen an weicheren Stellen, im Patellarknorpel des Neugeborenen [1].

---

[1]) Kölliker, Handb. 6. Aufl.; Colommiatti 96; Waldeyer 97; Omer van der Stricht 99, VII; beim Stör habe ich sie oft sehr schön gesehen.

b) **Die Intercellularsubstanz.** Die zwischen den Zellen befindliche Intercellular- oder Grundsubstanz erscheint bei dem frischen hyalinen Knorpel durchaus homogen. Die Zellen liegen in Höhlen derselben, die sie in frischem Zustande so völlig ausfüllen (Figur 178), dass man eine von der Contur der Zelle getrennte Höhlencontur nicht wahrzunehmen vermag. Der pericelluläre Spaltraum, der hier angenommen werden muss, da jedenfalls ernährende Lymphe zu den Zellen gelangt, muss also sehr schmal sein. Sehr deutlich wird eine Höhlencontur aber sichtbar, wenn die zarten Zellen eine Schrumpfung erleiden (Knz′) oder ausfallen (Knh), oder, durch den Schnitt getroffen, zerstört werden (Höhle in der Mitte des Präparats), was alles sehr leicht bei frischen Schnitten zu beobachten ist. Bei Härtung des Knorpels tritt gleichfalls leicht Schrumpfung der Zellen ein. Die Grundsubstanz ist übrigens nur scheinbar homogen, da sie sich in Wirklichkeit aus Fibrillen und einer homogenen Zwischensubstanz zusammengesetzt und ausserdem vielleicht noch Saftbahnen enthält. Häufig vermag man ferner auch am frischen Knorpelschnitte schon um die Knorpelzellen resp. Zellgruppen eigenthümliche Höfe zu erkennen, die auch als Knorpelkapseln bezeichnet werden.

1) **Knorpelkapseln, Knorpelschalen.** Von Differenzirungen in der homogenen Grundsubstanz der Art, dass sich bestimmte Abtheilungen unterscheiden lassen, die zu Zellen und Zellgruppen in Beziehung treten, lassen sich zunächst zweierlei beobachten: einmal erscheint die ganze Grundsubstanz zusammengesetzt aus einzelnen solchen Territorien, den eigentlichen Knorpelkapseln (s. auch unten: „Bildung der Grundsubstanz“), zweitens bemerkt man einen verschieden breiten Hof um die Zelle resp. Zellgruppe, der also körperlich als Schale oder Kapsel erscheinen würde, und sich durch Lichtbrechung oder Verwandtschaft zu bestimmten Farbstoffen vor der übrigen Grundsubstanz auszeichnet. Auch diese Höfe werden oft als Kapseln bezeichnet, sind dann aber jenen primären als secundäre gegenüberzustellen, da sie auf späterer Differenzirung beruhen.

Mit bestimmten Farbstoffen vermag man, wie Mörner (59, I, 1889) gezeigt hat, in manchen Fällen im Knorpel schalen- oder kapselartige Massen um die Zellen und eine dazwischen befindliche, ein Netz darstellende Balkensubstanz sehr scharf darzustellen. Nach einer Doppelfärbung mit Tropäolin-Methylviolett treten an den Tracheal-, Kehlkopf- und Rippenknorpeln des Ochsen sowie des Menschen über 13 Jahren (Wolters 1, XXXVII) um die Zellen resp. Zellgruppen blaue Massen auf (Figur 179), die Chondrinballen, zwischen denen eine gelb

gefärbte Netzsubstanz übrig bleibt. Durch Maceration in Chromsäure oder Salzsäure gelingt es, die Chondrinballen aus den Maschen des Netzes zu isoliren. Diese Differenzirung beginnt im Inneren des Knorpels und nimmt nach dem Perichondrium zu an Intensität ab. Dieses selbst erscheint auch gelb, aber in anderer Nüance als die Netzsubstanz. Bei ganz jungen Wesen (junges Kind, Kalb) fehlt diese Differenzirung durchaus, die gesammte Grundsubstanz erscheint mehr bläulich, und auch bei den Gelenkknorpeln des erwachsenen Wesens (Mensch, Ochse) fehlt sie entweder ganz oder ist doch nur in Andeutungen wahrzunehmen.

Mörner nimmt an, dass die Chondrinballen im Wesentlichen aus Chondro-mucoid und Chondroitsäure bestehen, das Balkennetz aus Albumoid, beiden mische sich Collagen zu. Das Albumoid würde den jungen Wesen und vielen Knorpeln der erwachsenen fehlen, wäre also durch Altersdifferenzirung entstanden. Ein Grund dafür, warum die Gelenkknorpel sich anders verhalten, gewissermassen in einem jugendlicheren Zustande beharren, ist zunächst nicht anzugeben. In wie weit diese Chondrinballen identisch sind mit dem, was man sonst auch als Knorpelkapsel (secundäre) zu bezeichnen pflegt, muss noch dahingestellt bleiben.

2) **Die Knorpelfibrillen.** Unter Anwendung bestimmter Reagentien zerfällt die gesammte, scheinbar homogene, Knorpelgrundsubstanz in feine Fibrillen, die den Bindegewebsfibrillen in Aussehen und Art des Verlaufes sehr ähnlich sind. Tillmanns (1, X, p. 434 und 7, 1877, p. 9) hat solche durch Kali hypermanganicum, Kochsalzlösung 10 %, Trypsinverdauung (neutral oder alkalisch), Baber (60, X) durch Baryt- und Kalkwasser deutlich gemacht. Gleich den Bindegewebsfibrillen verlaufen auch die des Knorpels in Bündeln, die bald mehr einander parallel gerichtet sind, bald in verschiedenen Lagen einander kreuzen, bald sich durchflechten. Die Zellen liegen zwischen den Fibrillenbündeln und haben keine directen Beziehungen zu ihnen. Gerade auch bei ganz jungem Gelenkknorpel sind die Fibrillen sehr schön darstellbar. Zwischen den Fibrillen liegt eine homogene interfibrilläre und interfasciculäre Kittsubstanz, welche unter normalen Verhältnissen dasselbe Lichtbrechungsvermögen besitzt, wie die Fibrillen. Daher kommt es, dass die gesammte Grundsubstanz homogen erscheint. Die Fibrillen scheinen sowohl die secundären Knorpelkapseln, wie die intercapsuläre Substanz zu durchziehen.

3) **Die Saftbahnen**[1]. Der von den Blutgefässen des Perichondriums resp. von den in den Knorpel eindringenden Gefässen ausgehende Saftstrom muss durch die Knorpelgrundsubstanz zu den Zellen gelangen können. Da der Knorpel eine Bindesubstanz ist, lag es nahe, jenes von dem fibrillären Bindegewebe her (Cornea, Sehnen etc.) bekannte Saftkanalsystem auch hier vorauszusetzen, und es hat eine grössere Zahl von Forschern sich bemüht, ein solches im Knorpel nachzuweisen[2]. Mit völliger Sicherheit ist das bisher noch nicht gelungen, da die erlangten Resultate sich auf verschiedene Weise deuten lassen; doch steht soviel wenigstens fest, dass man durch verschiedene Präparationsmethoden ganz bestimmte, eigenthümliche Differenzirungen in der Grundsubstanz zeigende Bilder zu erhalten vermag. Diesen Bildern muss eine thatsächliche Differenzirung der Grundsubstanz zu Grunde liegen und es fragt sich nur, welcher Art dieselbe ist und ob es gerechtfertigt erscheint, sie als von Saftbahnen herrührend ev. der Saftleitung dienend aufzufassen. Injicirte (direct oder in die Blutbahn des Thieres) oder infundirte Farbstoffe scheinen zu den Zellen, d. h. in den pericellulären Raum zwischen Zelle und Kapsel, hingelangen zu können, doch sind irgendwelche sichere Resultate auf diesem Wege der Untersuchung noch nicht erreicht worden. Die von Arnold auf diese Weise erhaltenen Bilder (8, LXXIII) weichen von dem sonst bekannten ziemlich stark ab. Von Reagentien wirken am besten wasserentziehende, so Alkohol (Spina 11, LXXX), ferner halbes Trocknen in verdunstendem Aether, dann Collodiumeinschluss (Budge 1, XVI). Diese Reactionen sprechen dafür, dass es sich bei den erhaltenen Bildern um Differenzirungen der Grundsubstanz handelt, die von einem verschiedenen Wassergehalte derselben abhängen. Wirkliche, eine eigene Wandung besitzende Kanälchen sind nur von Budge (1, XVI) nach Chromsäurebildern angenommen worden, aber sonst nicht bestätigt. Spina ist der Meinung, dass feine Zellfortsätze in mehr oder weniger

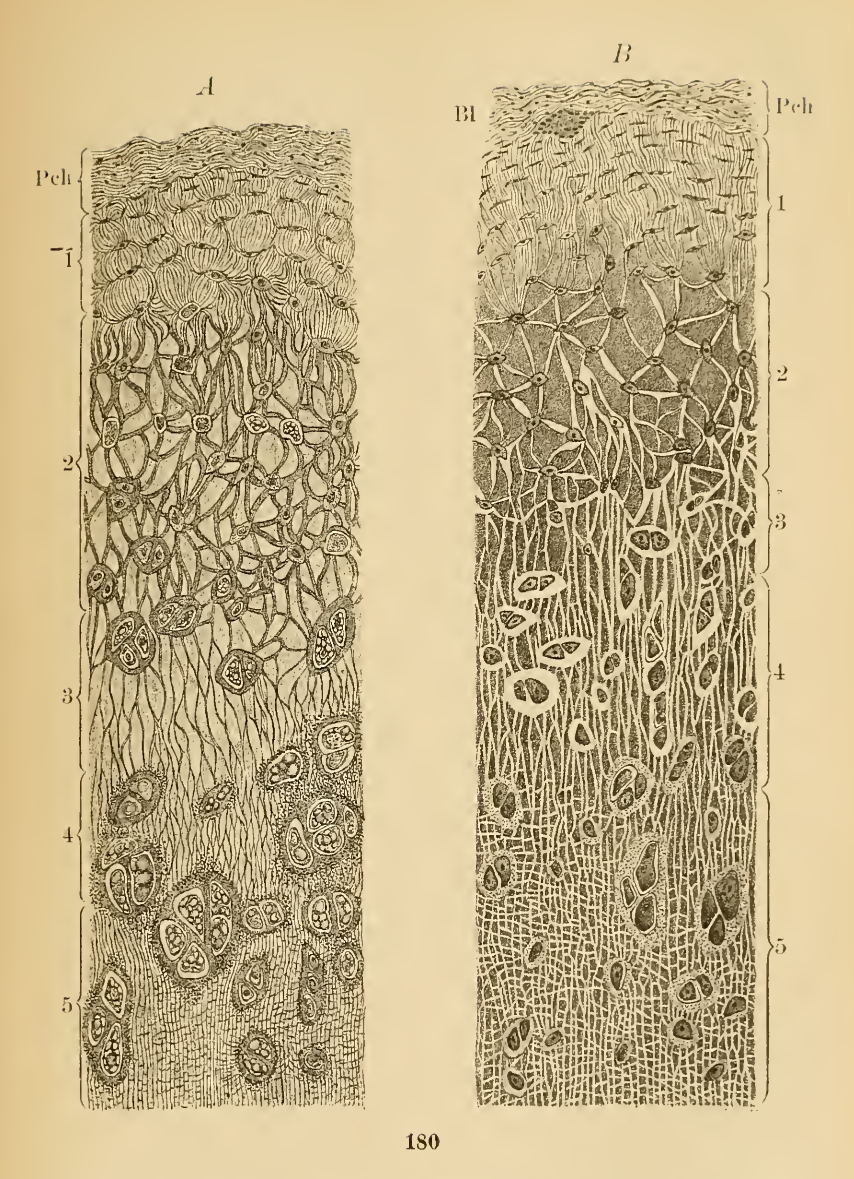
---

[1]) Die Literatur findet man im wesentlichen in den Arbeiten von Spronck (16, II) und von Wolters (1, XXXVII).

[2]) Man vermag der Hauptsache nach vier Annahmen der Autoren zu unterscheiden:

1) Die Knorpelzellen sind durch feine, mit einander anastomosirende Fortsätze verbunden, so entsteht ein Lückenwerk im Knorpel (ähnlich dem in der Cornea etc.), dieses dient der Saftleitung.
2) Eigene, mit besonderer Wandung versehene Kanälchen verbinden die Knorpelhöhlen.
3) Der Saftstrom folgt den Fibrillenbündeln.
4) Der Saftstrom durchdringt die homogene Grundsubstanz diffus.

grosser Menge in die umgebende Grundsubstanz eintreten und hier ev. dichte Netze bilden (98, 1886), Angaben, die unwahrscheinlich sind und jedenfalls noch der Bestätigung bedürfen. Diese Ausläufernetze würden nach ihm auch für den Saftstrom wesentlich sein. Was man nach jenen wasserentziehenden Reagentien sieht, sind mehr oder weniger feine, oft faserig erscheinende Streifen, die von der Knorpelhöhle aus nach zwei oder mehr Richtungen abgehen und oft zwei Zellen resp. deren Knorpelhöhlen miteinander verbinden. Solger (1, XXXI) deutet diese resp. diesen ähnliche Figuren als Schrumpfungserscheinungen: es entstehen wellige Faltungen der Knorpelfibrillenbündel und diese sind dann die „Alkoholfasern". Diese Erklärung würde für die gleich zu gebenden Bilder unmöglich sein. In Figur 180 A, B, habe ich Abbildungen gegeben von solchen Differenzirungen, wie sie in dieser Schönheit und Vollständigkeit jedenfalls sehr selten sind. Die Alkoholmethode von Spina ev. verbunden mit der Budge'schen Aether-Collodium-Methode und die Hämatoxylin-Pikrinsäure-Färbung von Wolters ergeben hier durchaus übereinstimmende Bilder, so dass es zweifellos ist, dass man hier auch sonst schon gesehene Differenzirungen vor sich hat. Spina (98, 1886) hat augenscheinlich im Arytaenoidknorpel des Pferdes ähnliches vor Augen gehabt und deutet das Bild so, dass er zwei verschiedene Arten der Knorpelgrundsubstanz annimmt: den weissen Knorpel (hier in A dunkel, in B hell) und den gelben (in A hell, in B dunkel). Der gelbe sei der primäre, der weisse der secundäre, später gebildete. Mir scheint diese Theorie höchst gezwungen und unwahrscheinlich. Aehnliche Bilder hat, der Beschreibung nach und nach dem zu urtheilen, was ich nach seiner Methode beobachtet habe, wahrscheinlich auch Spronck (16, II) beim Gelenkknorpel des Frosches gesehen, und ist er geneigt, Saftbahnen in denselben zu erkennen. Wie man bemerkt, beginnt die Differenzirung unmittelbar am Perichondrium, wo die feinen Streifen senkrecht zur Faserrichtung desselben stehen, und setzt sich mit verschiedenen Modificationen bis gegen die Mitte des Knorpels hin fort, um da allmählich unscheinbar zu werden. Sie ist also am stärksten in den jüngsten und daher auch saftreichsten Knorpelpartien, und ich kann auch die Angabe von Spina bestätigen, dass die Sache sich ganz ähnlich in der Nähe von Gefässen verhält. Alles dieses spricht, ebenso wie der Verlauf dafür, dass man es hier mit einer Differenzirung der Grundsubstanz zu thun hat, die zu dem Saftstrom in Beziehung steht. Kanälchen sind die Streifen nicht, denn man sieht niemals eine Lücke oder Höhle, Zellfortsätze sind auch nicht darin zu bemerken. So



180

Aus dem Thyreoidknorpel eines etwa 30jährigen Mannes. Querschnitte Vergr. 100. *A)* nach Härtung in Alkohol eingelegt in Collodium; *B)* nach Härtung in Alkohol gefärbt mit Hämatoxylin (DELAFIELD), ausgezogen in einer alkoholischen Pikrinsäurelösung. Copie nach WOLTERS (1, XXXVII). Bl = Blutgefäss; Pch = Perichondrium; 1—5 die verschiedenen unterscheidbaren Zonen; die letzte Zone liegt noch nicht ganz in der Mitte des Knorpels.

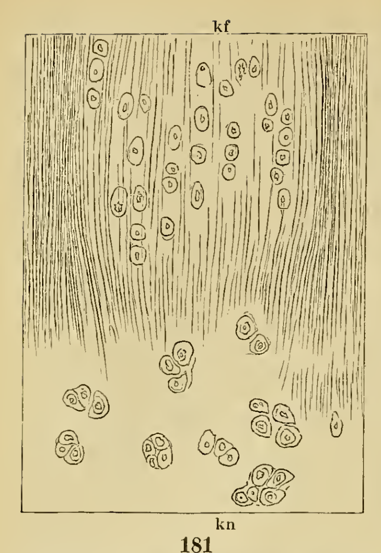
spricht das Bild dafür, dass man es mit Saftbahnen zu thun hat, bei denen die Lymphe einfach durch die Grundsubstanz selbst hindurchzieht an Stellen geringeren Widerstandes. Aendert sich die Grundsubstanz, so ändert sich auch der Verlauf dieser Saftbahnen, daher die abweichende Erscheinungsweise in den verschieden weit vom Perichondrium entfernten Schichten. Auch brauchen nicht immer alle diese Schichten vorhanden zu sein. Die Reichlichkeit der Differenzirung auf diesem Bilde könnte nur durch einen besonders starken Saftstrom erklärt werden, der wahrscheinlich eingreifenderen Umänderungen der Knorpelsubstanz (Verknöcherung?) voraufgeht. Nach oben und unten hin nahm die Differenzirung in dem untersuchten Knorpel allmählich ab, indem die Streifen immer seltener wurden und schliesslich aufhörten nachweisbar zu sein. Auch Spronck hat dieselbe nur an einer bestimmten Zone nachzuweisen vermocht: wo aussen schon Perichondrium und im Inneren schon Knochen lag. Es ist indessen bei diesen Bildern doch noch manches schwer zu verstehende vorhanden. So sieht man niemals irgendwelche Querschnitte der Streifen. Schnitte, welche aus dem betreffenden Knorpelstück nach den drei Richtungen des Raumes gemacht wurden, zeigten stets ähnliche Netze. Stellt man mit der Mikrometerschraube vorsichtig tiefer ein, so sieht man die Streifen sich in die Tiefe fortsetzen, mitunter mit Aenderung der Krümmung. Es müssen also die Streifen der Ausdruck eines aus Platten gebildeten Geflechtes sein. Dafür spricht auch, dass man dieselben mitunter plötzlich recht breit werden sieht: die Fläche der Platte im Schrägschnitt. Ein solcher Bau würde ja gerade nicht für Saftbahnen sprechen, aber doch noch immer am ersten durch solche zu erklären sein. Ferner ist sehr zu beachten, dass die Spronck'sche ausgezeichnete Fixirungs-Methode (16, II) die oben abgebildeten Höfe nicht hervortreten liess, obwohl die Streifensysteme sehr scharf sichtbar waren. Die Streifen endigten entweder direct am Höhlenrande oder an der Peripherie der durch Kalkeinlagerungen gebildeten Höfe. Obwohl also die Collodium-Einbettung nach Alkohol resp. Aether und die Doppelfärbungsmethode eine Identität der Streifen und Höfe darzuthun scheinen, kann eine solche doch nicht vorhanden sein. Es ist endlich noch wahrscheinlich, dass nicht alle jene Faser- oder Streifensysteme, welche bei der Einwirkung von Alkohol resp. der Spronck'schen Fixirungsflüssigkeit hervortreten, dieselbe Bedeutung haben werden. Wenigstens ist das Aussehen derselben ungemein verschieden und die Hämatoxylin-Pikrinsäure-Färbung lässt einen Theil dieser Bildungen nicht hervortreten. Ist es somit

auch möglich, dass die hier abgebildeten Streifensysteme Saftbahnen darstellen — wenn auch noch lange nicht sicher — so ist es doch noch durchaus zweifelhaft, ob alle diese durch Alkohol etc. darstellbaren Bildungen solche sein können. Sollte es sich in dem beschriebenen Falle und in ähnlichen um Saftbahnen handeln, so hätte man sich diese so vorzustellen (p. 242), dass Lymphströmungen die Grundsubstanz an Stellen geringeren Widerstandes durchziehen, dass an diesen Stellen also die Grundsubstanz von mehr Lymphtheilchen durchsetzt ist. Ist der Saftstrom nicht so stark und die Grundsubstanz ganz homogen, so werden keine Streifenbildungen auftreten, da der Saftstrom diffus sein wird. Die Annahme, dass die Saftströmungen dem Verlaufe der den Knorpel zusammensetzenden Fibrillenbündel folgen, wäre auch noch in Betracht zu ziehen, namentlich, da nach Kolster (1, XXIX) dieselben, wenigstens an den von ihm untersuchten Knorpeln, im allgemeinen senkrecht zum Perichondrium verlaufen und erst am Rande in dieses umbogen. Abgesehen nun davon, dass ein solches Umbiegen hier nicht zu beobachten war, scheint mir auch die Aenderung des Verlaufes in den einzelnen Schichten, sowie theilweise die Art dieses Verlaufes dagegen zu sprechen. Auch war niemals eine fibrilläre Streifung zu erkennen.

Aus dem Mitgetheilten geht hervor, dass dieser Theil der Knorpelstructur noch dringend einer weiteren umfassenden Untersuchung bedarf.

c) Altersveränderungen.

1) **Faserbildung und Zerklüftung, Asbestveränderung.** Mit zunehmendem Alter zeigt sich bei manchen Knorpeln (Rippen-, Kehlkopfsknorpeln) das Auftreten einer eigenthümlichen Faserbildung, die bei den Kehlkopfsknorpeln schon in den zwanziger Jahren beginnt. Zuerst im Inneren, dann weiter nach Aussen fortschreitend bis dicht unter das Perichondrium hin finden sich zuerst kleine, weiterhin sich immer mehr ausbreitende Stellen (auch makroskopisch durch ihr asbestartiges Aussehen erkennbar), an denen straffe, mitunter allerdings auch leicht wellig verlaufende Fasern, von hartem Aussehen auftreten, die alle in derselben Richtung hinziehen und zunächst nur die Partieen des Balkennetzes, also die ältesten und dem Einflusse der Zellen am meisten entzogenen Gebiete, einnehmen (vergl. Figur 179 im unteren Theile). Später werden aber auch die Chondrinballen in Mitleidenschaft gezogen und die Zellen erleiden Veränderungen ihrer Gruppirung und Beschaffenheit (Figur 181 in dem Theile bei kf) in Folge einer Wucherung. Schliesslich kann eine Zerklüftung und Höhlenbildung eintreten. — Diese Fasern sind von den gewöhnlichen



181

Hyaliner Knorpel mit faseriger Zerklüftung. Rippenknorpel eines älteren Mannes. Ungefärbt in Glycerin. Vergr. 115. kf = zerfaserter Knorpel; kn = noch normaler Knorpel.

Knorpelfibrillen jedenfalls durchaus verschieden und haben auch mit Bindegewebsfibrillen oder elastischem Gewebe nichts zu thun. Sie quellen nicht in Essigsäure, werden aber in verdünnter Natronlauge nach Quellung gelöst und lösen sich auch beim Kochen.

2) **Die Verkalkung.** Umgekehrt wie die Faserbildung tritt diese immer zuerst in den den Zellen zunächst liegenden Theilen der Grundsubstanz, also in den Höfen oder Kapseln, auf. Es lagert sich kohlensaurer Kalk in Form sehr kleiner, bei auffallendem Lichte weiss, bei durchfallendem dunkel aussehender Körnchen ab, die Häufchen bilden, welche mehr und mehr an Grösse zunehmen und schliesslich die ganze Zelle umgeben können. Auch weiter in die Grundsubstanz dringt der Kalk vor, so entsteht der „verkalkte Knorpel“, der wohl zu unterscheiden ist von dem „Knochen“. Am frühesten tritt die Kalkablagerung in den Kehlkopfsknorpeln auf (in den zwanziger Jahren), später in den Tracheal- und Rippenknorpeln. Bei den erstgenannten liegt sie weder ganz oberflächlich noch ganz central und bildet feste, zusammenhängende Schichten (s. auch „Verknöcherung“). Der Knorpel wird dadurch hart, brüchig. Durch Salzsäure kann man den Kalk unter Entstehung von Kohlensäurebläschen extrahiren.

Knorpel mit verkalkter Grundsubstanz findet sich beim Menschen und bei Säugern unter dem Gelenkknorpel an den Enden der Röhrenknochen.

3) **Die Verknöcherung.** Eine wahre Knochenbildung (s. auch „Knochengewebe“) tritt in den Kehlkopfs- und Trachealknorpeln auf und zwar mit grosser Regelmässigkeit. Nach Chievitz, dem wir die genauesten Untersuchungen hierüber verdanken (7, 1882, Anat. Abthlg.), hatte die Verknöcherung in der grossen Anzahl (270) der von ihm untersuchten Fälle bei allen männlichen Individuen über 20 Jahren und bei allen weiblichen über 22 Jahren schon ihren Anfang genommen. Er fasst daher die

Verknöcherung beim Kehlkopfe auch als einen normalen Vorgang auf, welcher um die Zeit, da die übrigen Skelettheile ihr Wachsthum abschliessen, seinen Anfang nimmt. Es ist diese Thatsache sehr interessant, da sie eines der leichtest erkennbaren Beispiele liefert von den vielen Veränderungen, die in unserem Körper nach Abschluss des Wachsthums vor sich gehen. Die Verknöcherung ist von der schon vorher auftretenden Verkalkung durchaus verschieden und die verkalkten Theile schmelzen ebenso wie die normalen Knorpelpartien ein, wenn die Knochenbildung sie berührt. Diese geht stets im Anschlusse an Blutgefässe vor sich, die von dem Perichondrium in das Innere hineinwuchern, begleitet von Fortsetzungen des Bindegewebes des Perichondriums, aus denen Knorpel-, später Knochenmark entsteht. Die Verknöcherung tritt der Reihenfolge nach ein an der Cart. thyreoidea, cricoidea, triticea, arytaenoidea (beim Manne in den zwanziger, beim Weibe näher den dreissiger Jahren), in den Trachealknorpeln (beim Manne mit ca. 40, beim Weibe mit ca. 60 Jahren). Die Stellen der Cart. arytaenoidea, an denen sich elastischer Knorpel ausbildet, scheinen von der Verknöcherung im Ganzen frei zu bleiben, wenn dieselbe auch bis in den Anfang dieser Theile hinein geht.

Bevor die Verknöcherung auftritt, sind in dem Knorpel schon Veränderungen bemerkbar. Einmal die schon erwähnte Verkalkung, dann Asbestveränderung. Es lassen sich ausserdem nach Rheiner (61) und Chievitz von Aussen nach Innen drei Schichten unterscheiden: die periphere, intermediäre und centrale. Die Kennzeichen sind für die peripherе: einzeln liegende noch jugendliche Knorpelzellen, wie gewöhnlich mehr platt gedrückt; für die intermediäre: zu mehreren zusammenliegende, mehr rundliche, oft schon etwas veränderte Knorpelzellen; für die centrale: Zunahme an Zahl und stärkere Veränderung der zusammenliegenden Zellen. Während die Schnittfläche peripher mehr durchsichtig graulich ist, wird sie in der Mitte mehr gelblich opak: es sind also wesentliche Veränderungen der Grundsubstanz eingetreten, wohl im Zusammenhange mit der Veränderung der Zellen. Ich verweise dieserhalb auch auf die schon oben von mir gegebenen Abbildungen und Mittheilungen, betreffs der Sonderung der Chondrinballen und des Albumoids (p. 285 und Figur 179), sowie der verschiedenen Formen des Saftbahnennetzes (p. 288 und Figur 180), welche Kehlkopfsknorpel betreffen und die Schichtenbildung erkennen lassen (namentlich Figur 180).

Auch bei den Kehlkopfsknorpeln zeigen die Gelenkflächen sich wieder verschieden von dem übrigen Knorpel, da sie stets intakt bleiben, ganz entsprechend dem sonstigen schon oben (p. 286) hervorgehobenen Verhalten des Gelenkknorpels.

Das Perichondrium wird, nach CHIEVITZ, niemals zu einem Periost.

Bei Chromsäurepräparaten tritt die Grenze des verkalkten Knorpels gegen den Knochen: die Verkalkungsgrenze deutlich hervor, sie besteht aus feinen, stärker lichtbrechenden Körnern, welche in der Knorpelgrundsubstanz oft bis dicht an die Zellkapseln eingelagert sind. Die Körner halten sich unverändert unter Zusatz von Salzsäure zu dem Chromsäurepräparat (CHIEVITZ).

Die Verkalkung und Verknöcherung scheinen bei den Kehlkopfsknorpeln übrigens zwei von einander durchaus unabhängige Processe zu sein, von denen der erstere auf ein besonderes Verhalten der Knorpelzellen zurückzuführen ist, während der letztere sich auf die wuchernden Blutgefässe stützt und daher der mächtigere ist, welcher die von dem ersteren gelieferten Producte wieder zerstört, wo ein Zusammentreffen stattfindet.

d) **Wachsthum und Regeneration, Bildung der Grundsubstanz.** Vor der Geburt wächst der Knorpel sowohl in Folge einer Vermehrung der Zellen in seinem Inneren durch Mitose (SCHLEICHER 1, XVI p. 248) und durch Neubildung von Grundsubstanz von den Zellen aus: interstitielles Wachsthum (vergl. die folg. Seite), als auch durch Umwandlung der Zellen und Fibrillen des Perichondriums in Knorpelzellen und Knorpelfibrillen: appositionelles Wachsthum. Später scheint das Wachsthum nur auf diese letzte Art zu erfolgen (PEYRAUD 41, t. 84; SCHWALBE 62, Juni 1878), und es ist daher nöthig, das Perichondrium zu erhalten, wenn man einen Knorpelersatz durch Regeneration erzielen will.

In Betreff der ersten Entstehung der Grundsubstanz sind die Meinungen von jeher getheilt gewesen und gehen zum Theile auch jetzt noch weit auseinander. Es handelt sich einmal darum, ob die gesammte Intercellularsubstanz von den Zellen gebildet wird, ferner ob sie gleichmässig von denselben gebildet wird oder ob sich eine der Zelle zunächst anliegende Schicht als eine Art Zellmembran von der übrigen Grundsubstanz unterscheiden lässt, weiter ob die ev. von den Zellen gebildete Grundsubstanz als eine Ausscheidung anzusehen ist, oder als durch Umwandlung des Protoplasmas entstanden.

Eine besondere auf dieser Umwandlung basirende Theorie hat STRASSER aufgestellt (5, V)[1]. Es würde den Raum dieses Buches überschreiten, wenn ich auf diese Theorien genauer eingehen wollte. HEIDENHAIN (76, Heft 2, 1863) hat seinerzeit schon dargethan, dass man durch Maceration in Wasser von 35 bis 40° R. oder durch eine Mischung von Salpetersäure und chlorsaurem Kali die gesammte Knorpelgrundsubstanz in einzelne Zellterritorien zu zerlegen vermag, wie es vor ihm bereits FÜRSTENBERG (15, 1857, p. 5) durch Anwendung von verdünnter Schwefelsäure oder Chromsäure gelungen war. Auch durch Anilinfarben: Anilinroth, Fuchsin (LANDOIS, 12, XVI) konnte man ähnliche Territorien darstellen. Meiner Anschauung nach würden diese Abtheilungen der Grundsubstanz als durch Ausscheidung von Seiten der Zellen gebildet anzusehen sein, wie es auch GEGENBAUR annimmt, sie würden die ursprünglichen Knorpelkapseln darstellen, und aus ihrer Verschmelzung würde die Grundsubstanz hervorgehen. Diese Kapseln können mitunter ziemlich oder sogar recht dünn sein, imponiren dann schon weit mehr als Zellabscheidungen und ähneln den dicken Zellmembranen von Pflanzenzellen. So sieht man sie z. B. beim Neunauge. Die den Zellen zunächst anliegenden Theile dieser Territorien oder Kapseln sind natürlich die jüngsten und am meisten den Einflüssen derselben ausgesetzt. Bei Zelltheilungen müssen Theile dieser innersten Schichten resorbirt werden, um Platz zu schaffen. Die jungen Zellen bilden wieder neue Ausscheidungen etc. So ist die Grundsubstanz des Knorpels, wenigstens so lange derselbe noch jung ist und Zellvermehrungen in ihm vorkommen, vielen Veränderungen unterworfen. Auch im älteren Knorpel aber sind die den Zellen zunächst anliegenden Theile der Knorpelkapseln der Einwirkung der Zellen mit ihrem Stoffwechsel weit mehr ausgesetzt als die weiter entfernt befindlichen. Es kann daher nicht überraschen, wenn beide optisch oder Farbstoffen gegenüber sich verschieden verhalten, namentlich wenn die Grundsubstanz eine bedeutende Mächtigkeit besitzt. So entstehen Höfe, Kapseln, Schalen um die Zellen: die secundären Knorpelkapseln, ev. die Chondrinballen und das Balkennetz von MÖRNER (s. p. 285).

e) **Ernährung des Knorpels.** Der embryonale Knorpel ist zunächst gefässlos und wird von Aussen her ernährt. Mit zunehmender Mächtigkeit genügt diese Zufuhr aber nicht mehr und von dem Peri-

---

[1]) Vergl. auch HASSE: Das natürliche System der Elasmobranchier. Besonderer Theil. Lieferung I. Jena. G. Fischer.

chondrium aus wachsen Blutgefässe in das Innere mehr oder weniger weit hinein, die dann in Kanälen der Grundsubstanz liegen (vergl. die Havers'schen Kanäle beim Knochen). Um die Gefässe (eine Arterie, zwei Venen) herum, liegt spärliches begleitendes Bindegewebe mit Bindegewebs- und Wanderzellen, das sogenannte „Knorpelmark". Beim erwachsenen Knorpel findet man gewöhnlich keine Gefässe mehr in der Substanz, sondern nur im Perichondrium, doch giebt es auch hiervon Ausnahmen bei verschiedenen Thieren, namentlich solchen, die mächtigere Knorpel besitzen. Es geht aus dieser geringen Blutversorgung schon hervor, dass der Stoffumsatz im Knorpel nur ein geringer sein kann. Wird derselbe bedeutender, wie bei der Verknöcherung, so wachsen auch neue Blutgefässe vom Perichondrium aus in den Knorpel hinein (vergl. p. 293). Die Gelenkknorpel besitzen, soweit sie im Gelenk liegen, kein Perichondrium.

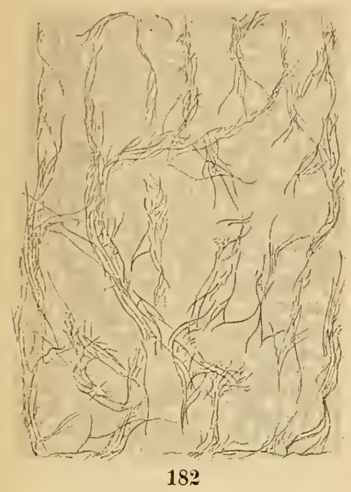
f) **Vorkommen.** Die verbreiteteste Art des Knorpels: Die knorpeligen Anlagen der Knochen beim Embryo, die Epiphysen- und Gelenkknorpel, die Knorpelüberzüge mancher Knochenstellen (Incisura ischiadica minor, Hamulus ossis pterygoidei etc.), Tracheal, Bronchialknorpel, die meisten Knorpel des Kehlkopfs (s. auch „elastischen Knorpel"), die der Nase, der Rippen, die dem Knochen anliegende Schicht der Synchondrosen und der Wirbelbandscheiben (Figur 184).

II) Der elastische Knorpel, Netzknorpel

(mitunter auch als „Faserknorpel" bezeichnet, s. Bindegewebsknorpel).

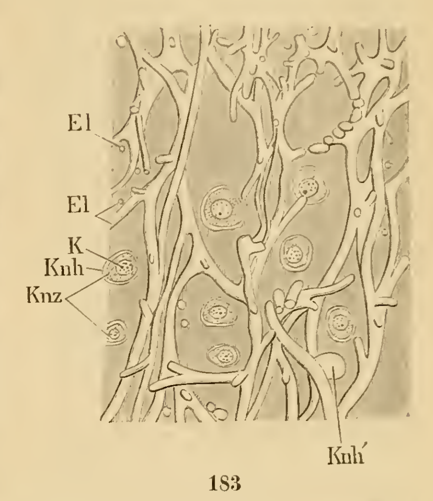
Derselbe erscheint makroskopisch undurchsichtiger als der hyaline, weisslich oder weisslich-gelblich. Er unterscheidet sich von dem hyalinen Knorpel hauptsächlich dadurch, dass in seine Grundsubstanz elastische Fasern eingelagert sind, deren Dicke und Menge sehr wechseln kann. Wie beim fibrillären Bindegewebe so sind dieselben auch hier Gebilde der Intercellularsubstanz allein und berühren die Zellen nie. Wie dort sind sie verästelt und bilden Netze. Sie sind von der Grundsubstanz leicht durch ihr stärkeres Lichtbrechungsvermögen zu unterscheiden und lassen sich aus derselben direct in das Perichondrium verfolgen. Ein Knorpel, der relativ feine Fasern besitzt, an denen man den Verlauf leicht verfolgen kann, da ihre Menge an verschiedenen Stellen graduell verschieden ist von dem ersten Auftreten einzelner Fäserchen im hyalinen Knorpel an, ist der Arytaenoidknorpel des Kalbes. Figur 182 giebt ein Uebersichtsbild von einer Stelle mit mittlerer Fasermenge. Die Zellen sind fortgelassen, um die Faserung allein vor-

treten zu lassen; statt ihrer sind nur die Knorpelhöhlen angedeutet. Figur 183 zeigt starke elastische Fasern in dem Ohrknorpel des Pferdes. Man sieht dieselben theils der Länge nach, theils im Schräg- oder



182

Elastischer Knorpel bei schwacher Vergrösserung. Schnitt durch die Cart. arytaenoidea des Kalbes aus der Gegend der Spitze, nach Alkoholhärtung, Färbung mit Eosin-Dahlia. Anfang des Auftretens der elastischen Fasern. Um diese deutlicher hervortreten zu lassen, sind nur die Knorpelhöhlen angedeutet, die Zellen fortgelassen. Vergr. 100.



183

Elastischer Knorpel bei stärkerer Vergrösserung. Schnitt durch den Ohrknorpel des Pferdes nach Alkoholhärtung. Ungefärbt in Glycerin. Vergr. 350. El = Elastische Fasern auf dem Längs- Quer- und Schrägschnitt; K = Kern einer Knorpelzelle; Knh = Contur der Knorpelhöhle; Knh' = Leere Knorpelhöhle (Zelle beim Schneiden ausgefallen); Knz = Knorpelzelle

Querschnitt. Die Zellen erscheinen mehr rund (nur in der Nähe des Perichondriums sind sie mehr abgeplattet), und liegen nicht so häufig in Gruppen als beim hyalinen Knorpel. Die Knorpelkapseln lassen sich im elastischen Knorpel durch Färbung nicht so deutlich darstellen, als bei jenem.

Entstehung. Die Entstehung ist ganz entsprechend der des hyalinen Knorpels. Die elastischen Fasern bilden sich erst später (etwa Mitte der Embryonalzeit), gerade wie beim Bindegewebe, und nehmen weiterhin mehr und mehr an Mächtigkeit zu.

Altersveränderungen. Es kann auch beim elastischen Knorpel Auffaserung und Zerklüftung eintreten, so an umschriebenen Stellen des Ohrknorpels bei Personen mittleren und höheren Alters. An diesen Stellen verschwinden dann die elastischen Fasern und sie fallen daher durch ihre grössere Durchsichtigkeit schon auf (Toldt). — Verkalkung ist bisher nur von H. Müller beim Hundeohr gesehen worden.

Vorkommen: Knorpel des Ohrs, des äusseren Gehörganges, der Tuba Eustachii, von Kehlkopfsknorpeln: Epiglottis, Spitze und Proc. vocal. der Cartt. arytaenoideae, Cartt. corniculatae s. Santorinianae, Cartt. cuneiformes s. Wrisbergii, Cartt. sesamoideae.

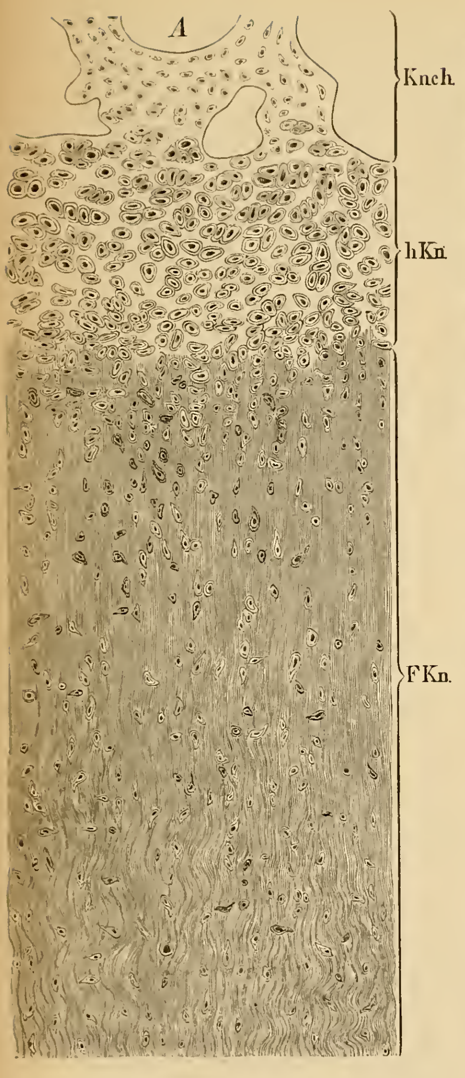
III) Der Bindegewebsknorpel, Faserknorpel.

Wie der Netzknorpel dadurch charakterisirt war, dass in die chondrogene Grundsubstanz elastische Fasern eingebettet sind, so ist es dieser dadurch, dass in der chondrogenen Grundsubstanz collagene Fibrillen, die bereits am frischen Präparate erkennbar, also von den collagenen Fibrillen des hyalinen Knorpels verschieden sind, sich eingelagert finden (Apolant, 57).

Das mikroskopische Bild erinnert ungemein an das „chondroide Bindegewebe" und die Entscheidung, welches von beiden Geweben vorliegt, lässt sich in der That nur durch Nachweis oder Wahrscheinlichmachung der chondrigenen Grundsubstanz treffen, wozu man Färbung mit Hämatoxylin und Essigsäurereaction (Apolant) verwandt hat, welch letztere bei Vorhandensein von chondrigener Grundsubstanz an den Fibrillen langsamer auftritt, als beim chondroiden Bindegewebe.

Figur 184 zeigt Faserknorpel an einem senkrechten Schnitt durch eine Wirbelbandscheibe des Kalbes. Auf den Knochen des Wirbels folgt erst eine dünne Schicht hyalinen Knorpels, welche dann direct übergeht in den Faserknorpel, ein Gewebe, das zunächst gerade verlaufende Fibrillenzüge aufweist, die nur undeutlich durch die zwischenliegenden Zellreihen in Bündel abgetheilt sind, weiter nach dem Inneren der Bandscheibe zu aber wellig werden und absolut keine Bündeleintheilung mehr erkennen lassen, da die Zellen jetzt ebenfalls mehr unregelmässig liegen. Noch weiter nach der Mitte zu (Figur 184B) hört auch die regelmässige parallele Faserung mehr auf, Fibrillenbündel lassen grössere Zwischenräume und anastomosiren mit einander. In den Zwischenräumen liegt eine helle homogene Grundsubstanz und in dieser befinden sich die grösser gewordenen Zellen.

Die Zellen sind mehr rundlich bläschenförmig, ähneln den Knorpelzellen, liegen aber nicht in Gruppen, wenigstens nur ausnahmsweise, und besitzen häufig kürzere oder längere feine Fortsätze (s. Figur). Wie die Abbildung erkennen lässt, nehmen sie an Grösse nach der Mitte hin beträchtlich zu und zeigen hier auch mächtigere Fortsätze. Ein Hof ist häufig nachweisbar.





184

Senkrechter Schnitt durch eine Wirbelbandscheibe des Kalbes. Vergr. 100. *A)* Randpartie: Knch = Knochen des Wirbelkörpers mit Marklücken; hkn = hyaline Knorpelschicht; Fkn = Faserknorpel. *B)* Partie aus der Mitte. Die Zellen sind hier weit grösser. Zwischen *A* und *B* fehlt ein Stück, da die Zeichnung sonst zu umfangreich geworden sein würde. Die welligen Faserzüge im unteren Theile von *A* gehen direct in die Faserbündel von *B* über.

Vorkommen. Nach den Untersuchungen von Apolant ist diese Knorpelart im Körper nur wenig verbreitet. Es sind dazu zu rechnen: der Kern (Nucleus gelatinosus) der Ligg. intervertebralia, die inneren Theile der Symphysis oss. pub., endlich bei den aufgefaserten Gelenkknorpeln des Kiefer- und Sternoclaviculargelenks die Uebergangszone des hyalinen Knorpels in das Fasergewebe.

Die Chorda dorsalis.

Die Chorda dorsalis oder Rückensaite ist die erste Anlage des Axenskelets beim Embryo, um welche herum sich allmählich die spätere Wirbelsäule anlegt, während die Chorda zu Grunde geht. Bei den

niedersten Wirbelthieren bleibt sie zeitlebens das einzige Axenskelet. In der aufsteigenden Reihe erhält sie sich dann zunächst das ganze Leben hindurch noch in deutlichen Resten, um bei den höchststehenden Thieren ganz zu verschwinden. Man nimmt an, dass bei den Säugern und dem Menschen noch der Kern der Wirbelbandscheiben aus der Chorda seinen Ursprung nehme.

Da dieses Gebilde nur entwickelungsgeschichtlich resp. für die niederen Wirbelthiere von Bedeutung ist, will ich hier nicht weiter darauf eingehen.

C) Das Knochengewebe und der Knochen, sowie das Zahnbein, s. Dentingewebe.

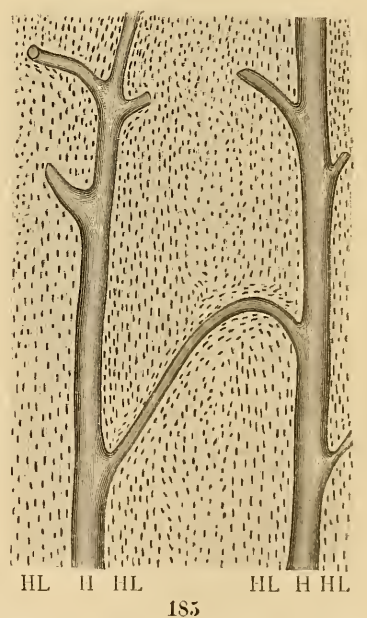
Das Dentingewebe kann gemäss der bei niederen Wirbelthieren vorkommenden Uebergangsformen als eine besondere Art des Knochengewebes aufgefasst werden; ich werde nach der Besprechung des gewöhnlichen Knochengewebes noch kurz darauf eingehen.

Allgemeiner Bau.

Das ausgebildete Knochengewebe besteht aus Zellen, den Knochenzellen, welche ähnlich den fixen Bindegewebszellen mit mehr oder weniger vielen Fortsätzen versehen sind, und aus einer collagenen Intercellularsubstanz, dem Knochenknorpel, Ossëin, in welcher sich einmal leimgebende Fibrillen bilden und welche zweitens sich mit einer Anzahl von Salzen, der sogenannten Knochenerde, imprägnirt, und so eine harte Substanz darstellt (nach v. Ebner imprägnirt sich nur die homogene Kittsubstanz, nach Kölliker diese und die Fibrillen). Daraus resultirt eine grosse Härte und Widerstandsfähigkeit der Knochen, wodurch sie befähigt werden, ihre Hauptfunktionen des Stützens, Tragens und Schützens der Weichtheile zu erfüllen. Entzieht man dem Knochen durch Säuren die Kalksalze, so erhält man die organische Grundsubstanz, den Knochenknorpel, für sich, die ein genaues Abbild des Gesammtknochens liefert und biegsam ist; zerstört man umgekehrt durch vorsichtiges Glühen („calciniren“) die organische Grundsubstanz, so bleibt das Kalkskelet übrig, das wiederum alle Einzelheiten des Knochens wiedergiebt, aber sehr brüchig ist.

Durchschneidet man einen Knochen, so findet man nach Aussen gelegen eine festere Rindenschicht, die compacte Knochensub-

stanz, im Inneren entweder ein Netz von Knochenbalken, die spongiöse Knochensubstanz, oder einen grösseren Hohlraum, die Markhöhle, in den nur wenige Bälkchen hineinragen. In den Röhrenknochen findet sich die Markhöhle in der Mitte der Diaphyse, die spongiöse Substanz oder Spongiosa an den Enden der Diaphyse und in den Epiphysen; in den platten und kurzen Knochen ist nur Spongiosa vorhanden, die an manchen sehr dünnen Stellen auch schwinden kann (Schulterblatt, Hüftbein, Schläfenbein), sodass dann die beiden compacten Schichten zusammenstossen. Der Knochen wird ernährt von einer gefässhaltigen fibrösen Haut aus, welche aussen aufliegt, dem Periosteum, der Knochenhaut, Beinhaut, und von einer weichen bindegewebigen, gefässführenden Masse im Inneren, dem Knochenmark, das in den Lücken der Spongiosa und in der Markhöhle sich befindet. Von beiden aus treten Gefässe in das Innere der Knochensubstanz ein, die in Kanälen verlaufen, VOLKMANN'sche Kanäle und HAVERS'sche Kanäle. Von Mark und Periost aus wächst auch der Knochen, und dabei werden von dem letzteren eine Anzahl von Bindegewebsbündeln und elastischen Fasern mit in die Knochensubstanz aufgenommen, die SHARPEY'schen Fasern, von denen die ersteren zum Theil verkalken.



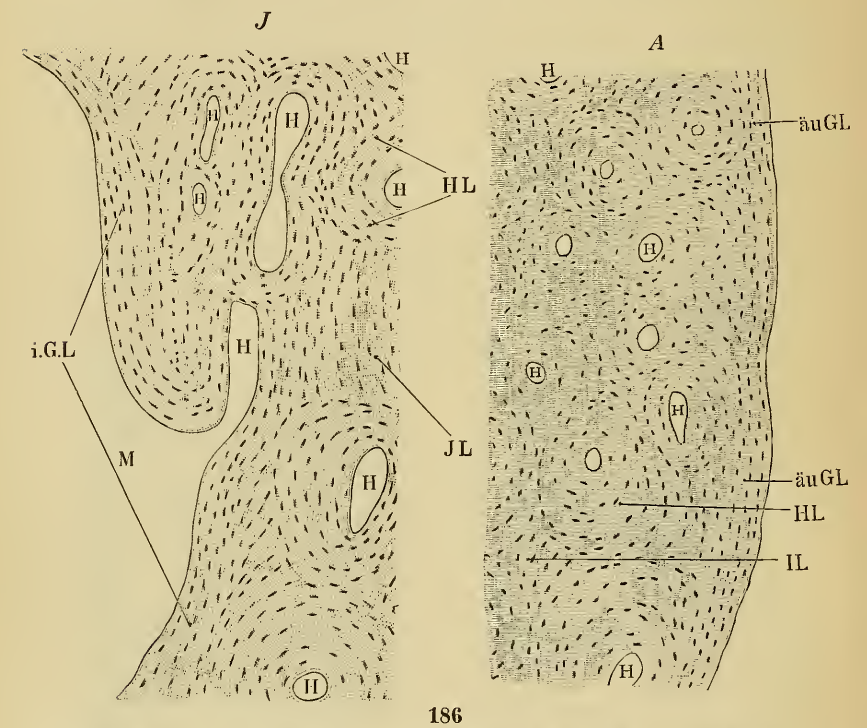
185

Knochenlängsschliff. Stück eines Längsschliffs aus dem macerirten Humerus des Menschen. Zwei senkrecht verlaufende HAVERS'sche Kanälchen mit Nebenästen. Diese sowohl wie die kleinen Knochenhöhlen von Luft erfüllt. Vergr. 50. H = HAVERS'sches Kanälchen; H L = HAVERS'sche Lamellen.

Nach dieser kurzen Uebersicht will ich nun auf die genauere Beschreibung des Knochenaufbaues eingehen.

Betrachtet man den trockenen Längsschliff eines macerirten Knochens bei schwacher Vergrösserung, so sieht man in der bei durchfallendem Lichte hell erscheinenden Grundsubstanz zwei Arten von Lücken, welche mit Luft erfüllt und in Folge totaler Reflexion dunkel bei durchfallendem, hellglänzend bei auffallendem Lichte sind. Die einen stellen lange, ungefähr cylindrische, vielfach verästelte und mit einander

anastomosirende Röhren dar, die der Hauptsache nach ungefähr parallel der Längsaxe des Knochens verlaufen: die Havers'schen Kanäle (Figur 185 H); die anderen sind kleine längliche Lücken: die Knochenhöhlen (Knochenkörperchen, Virchow), zur Aufnahme der Zellen bestimmt, welche durch die Maceration zerstört sind. Diese letzteren liegen in Reihen (H L) parallel dem Verlaufe

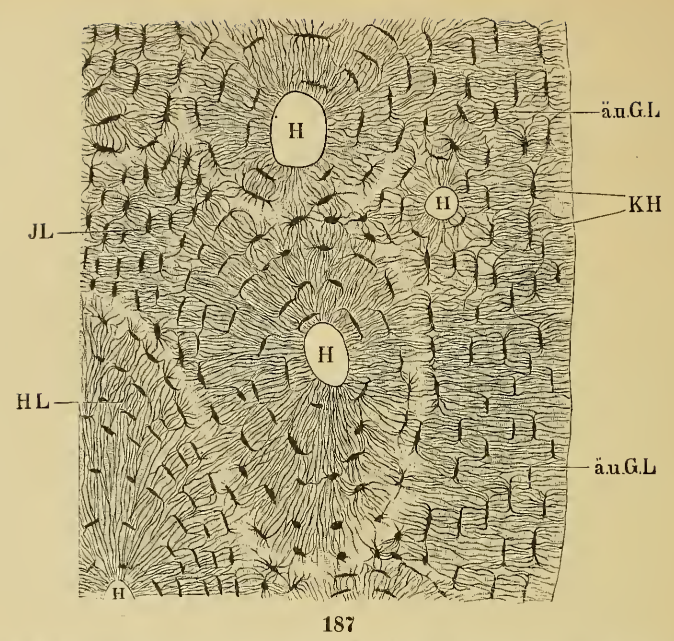


Knochenquerschliff. J Stück von dem inneren Umfange, A Stück von dem äusseren Umfange eines Querschliffs durch den macerirten menschlichen Humerus. Vergr. 50. äu G L = Aeussere Generallamellen; H = Havers'sche Kanälchen; H L = Havers'sche Lamellen; i G L = Innere Generallamellen; J L = Interstitielle Lamellen; M = Gegend der Markhöhle.

jedes Havers'schen Kanälchens, entsprechend den Havers'schen Lamellen (s. unten). Betrachtet man andererseits den Querschliff eines macerirten Knochens (Figuren 186 J und A), so findet man die Havers-schen Kanäle bald mehr quer bald mehr schräg getroffen (H), und um sie herum die Knochenhöhlen in concentrischen Reihen angeordnet, welchen eine gleiche Anordnung der Grundsubstanz in Schichten oder Blättern entspricht, die Havers'schen Lamellen (HL), welche zu den entsprechenden Systemen zusammengeordnet liegen.

Wo Lücken zwischen den einzelnen HAVERS'schen Lamellensystemen bleiben, schieben sich mehr oder weniger regelmässige anders gelagerte Schichtencomplexe ein, die interstitiellen Lamellen („ächte" und „unächte", s. unten [JL]), und endlich umfassen zwei Lamellensysteme aussen und innen alle übrigen, die äusseren und inneren Generallamellen (äuGL und iGL). Die ächten interstitiellen und die Generallamellen werden auch als Grundlamellen bezeichnet. Die inneren Generallamellen umgrenzen gleichzeitig den Markraum (M). Sie werden an manchen Stellen durchbrochen von HAVERS'schen Kanälen, die in denselben einmünden (Figur 186 J in der Mitte nach links). Die äusseren Generallamellen werden in gleicher Weise von Gefässkanälen durchsetzt, die mit den HAVERS'schen in Verbindung stehen, aber nicht so genannt werden, da ihnen die Lamellensyteme fehlen, den VOLKMANN'schen Kanälen (KÖLLIKER). Beide Arten von Kanälen können übrigens obliteriren und stellen dann eigenthümlich glänzende kreisförmige Bildungen dar. Nicht immer öffnen sich indessen die Kanäle nach aussen, sie können auch blind endigen, so unter dem Gelenkknorpel, an den Ansatzstellen von Bändern, Sehnen, Muskeln, also überall da, wo nicht das gewöhnliche Verhalten des Periosts gegeben ist.

Betrachtet man einen Querschliff trocken bei stärkerer Vergrösserung (Figur 187), so sieht man, dass von den Knochenhöhlen eine Menge feiner, sich verästelnder Röhrchen oder Kanälchen, die Knochenkanälchen, abgehen, welche mit denen benachbarter Höhlen anastomosiren, und sowohl in die HAVERS'schen Kanäle wie in die Markhöhlen und auf die Oberfläche des Knochens ausmünden. Sie stellen also ein sehr feines und dichtes Netz dar, welches alle gefässhaltigen Theile (Mark, HAVERS'sche Kanäle, Periost) untereinander verbindet und so durchaus geeignet ist, einen alles ernährenden Saftstrom zu leiten, der in den Höhlen überall die Zellen umspülen wird. Dünne Knochenplättchen, wie die Balken der Spongiosa, die dünnen Lamellen des Siebbeins etc. besitzen keine HAVERS'schen Kanäle, sondern nur dieses Netzwerk. Bei Zerstörung des Knochens durch concentrirtere Salz- oder Salpetersäure oder durch Kali causticum bleibt schliesslich eine dünne Haut übrig, welche die Form sämmtlicher Hohlgebilde des Knochens genau wiedergiebt, die also als eine zarte, aber feste und gegen Reagentien sehr widerstandsfähige Lage sämmtliche Höhlen (Knochenhöhlen, Knochenkanälchen, HAVERS'sche Kanäle, Räume der spongiösen Substanz, Zahnröhrchen beim Dentin) in continuo auskleiden muss. Sie



187

Stück aus der äusseren Partie eines Querschliffs des menschlichen Humerus. Vergr. 130. äuGL = Aeussere Generallamellen; H = HAVERS'sche Kanälchen; HL = HAVERS'sche Lamellen; JL = Interstitielle Lamelle; KH = Knochenhöhlen.

ist wohl als eine besonders differenzirte Schicht der Grundsubstanz aufzufassen und ähnelt einigermaassen den Membranae propriae bindegewebiger Abstammung. BRÖSIKE fasst sie als aus Keratin bestehend auf, was KÖLLIKER bestreitet, da sie sich schliesslich beim Kochen in Wasser auch löse. Die auf diese Weise mit ihrer Wand isolirten Knochenhöhlen sind die Knochenkörperchen VIRCHOW's dar. In Figur 188 B sind solche, noch mit Luft erfüllt, aus einem macerirten Knochen dargestellt. Man sieht in a ein isolirtes, in b und c solche, die noch theilweise in der kaum sichtbaren, ganz weichen Grundsubstanz liegen, in welcher auch kleine Stücke von Kanälchen hervortreten, die ev. am Rande frei hervorragen.

Weichtheile des Knochens.

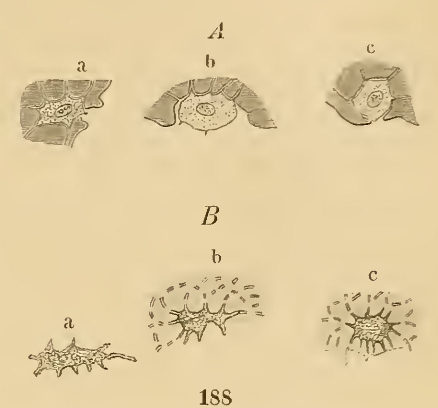
1) Die Zellen.

Von diesen sind drei Formen zu unterscheiden:

die Knochenzellen,
die Osteoblasten,
die Osteoklasten.

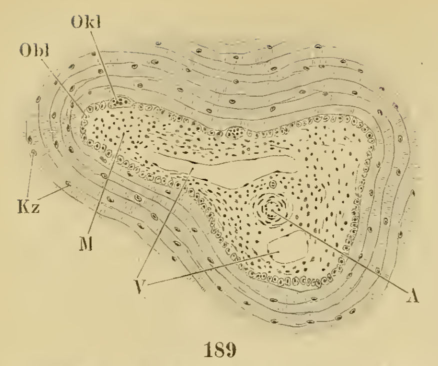
a) Die **Knochenzellen.** Dieselben liegen in den Knochenhöhlen und haben wohl meistens ähnlich wie diese eine biconvexe, kürbiskernähnliche Form sowie eine Anzahl feiner Fortsätze, die sich in die Knochenkanälchen hineinerstrecken. Ob diese Fortsätze im ausgebildeten Knochen mit denen benachbarter Zellen anastomosiren, ist nicht sicher nachzuweisen, doch ist es sehr wahrscheinlich, dass solche Anastomosen zur Zeit der Knochenentwickelung wenigstens vorhanden sind, da die Entstehung der Knochenkanälchen und ihrer Verbindungen nur so verständlich ist. Die Zellen sind protoplasmatisch, membranlos, und besitzen einen deutlichen Kern.

In Figur 188 A sind drei solcher Zellen mehr oder weniger isolirt dargestellt. Man sieht deutlich Fortsätze nach den Kanälchen hingehen, doch war es nicht möglich die Fortsetzungen derselben in den Kanälchen selbst deutlich nachzuweisen. Dass die Zellen endothelartig platt seien, wie behauptet worden ist, habe ich nicht beobachtet. Der Raum zwischen dem Zellleib und der Wand der Knochenhöhle kann meiner Meinung nach nur ein sehr schmaler Spalt sein. Es wäre indessen möglich, dass als Altersveränderung eine solche Abplattung der Zelle eintritt bedingt durch Schwund des Protoplasmas. Die Knochenzellen stellen die eigentlich lebenden Elemente in der Substanz der Knochen dar.



A) Knochenzellen einer Siebbeinplatte des Kaninchens nach Fixirung in HERMANN'scher Flüssigkeit. Zerzupft in Wasser. Vergr. 388. *B)* Häutige Knochenkörperchen aus einem macerirten Femur des Menschen nach mehrtägiger Maceration in Salpetersäure mit etwas Glycerin. Die Körperchen wie die Kanälchen theilweise noch mit Luft gefüllt. a ganz isolirtes Körperchen, b und c Körperchen zum Theil oder noch ganz von der sehr hell erscheinenden Knochensubstanz umgeben, in der einzelne Stücke der Kanälchen hervortreten; in c ragen solche zum Theil am unteren Rande frei hervor. Vergr. 388.

b) Die **Osteoblasten** (GEGENBAUR, Figur 189 Obl.) membranlose, kernhaltige, protoplasmatische Zellen von rundlich polygonaler Gestalt, die nach Art eines Epithels in einer Schicht der Knochenoberfläche anliegen, sei es unter dem Periost, sei es in den Markräumen oder grösseren HAVERS'schen Kanälen. Sie scheiden die Intercellularsubstanz ab, werden von dieser schliesslich umschlossen und so zu Knochenzellen. Sie bauen also den Knochen auf. Dieselben finden sich natürlich in grösster Menge beim jugendlichen wachsenden Knochen.



189

Grösseres HAVERS'sches Kanälchen mit Weichtheilen. Aus dem Femur eines noch wachsenden Hundes. MÜLLER'sche Flüssigkeit, Entkalkung, Alkohol, Celloidin, Lithioncarmin, Pikrinsäure. Vergr. 130. A = Arterie; Kz = Knochenzellen; M = Markgewebe; Obl = Osteoblasten; Okl = Osteoklasten, in kleinen Vertiefungen des Knochens gelegen (HOWSHIP'sche Lakunen); V = Vene.

fehlen aber auch nicht ganz im erwachsenen.

c) Die **Osteoklasten** (KÖLLIKER), Riesenzellen, (VIRCHOW), Myeloplaxes (ROBIN), Figur 189 Okl. Protoplasmatische, membranlose, sehr grosse Zellen mit vielen Kernen. Dieselben sind nach KÖLLIKER beim Menschen 43 bis 91 μ lang, 30 bis 40 μ breit und 16 bis 17 μ dick und enthalten je nach der Grösse bis zu 50 oder 60 Kernen, welche 6 bis 10 μ Durchmesser haben und 1 bis 2 Nucleoli besitzen. Sie liegen in mehr oder weniger deutlichen Vertiefungen der Grundsubstanz, den HOWSHIP'schen Lacunen, und haben im geraden Gegensatze zu den Osteoblasten wahrscheinlich die Bedeutung den Knochen durch eine chemische Einwirkung zu zerstören, daher auch die Lacunen, in denen sie liegen.

2) Die fibrilläre Grundsubstanz.

a) **Fibrillen und Lamellen.** Untersucht man einen Knochenschliff in Wasser oder einen Schnitt von einem entkalkten Knochen, so treten in der Grundsubstanz feine Streifen auf von verschiedenem Lichtbrechungsvermögen, welche der Ausdruck von einer Zusammensetzung der Grundsubstanz aus Schichten, Lamellen, sind. Auf Knochenschliffen, deren lufthaltige Lücken durch dickes Terpentinöl, Dammarlack, oder noch besser durch ganz dickflüssigen Canadabalsam (v. EBNER 14, LXXII, III. Abthlg.) ausgefüllt sind, treten die Unterschiede der Lichtbrechung dieser Lamellen noch deutlicher hervor. In einer Anzahl der Lamellen bemerkt man schon beim trockenen Querschliff eine feine blasse Punktirung, bei einem Querschnitte von entkalktem Knochen mit Erhaltung der Knochenstructur (nach v. EBNER s. „Technische Bemerkungen") sieht man häufig fein punktirte und fein streifige Lamellen mit einander abwechseln. Die Punktirung wie die feine Streifung werden bewirkt durch eine Zusammensetzung der Lamellen aus Fibrillen, die in feinen Bündeln vereinigt sind, welche einen Durchmesser von 2 bis 3 μ besitzen. Die Fibrillen sind in diesen verbunden durch eine interfibrilläre Kittsubstanz, zwischen den

Bündeln würde eine solche interfasciculäre liegen etc. Nach v. Ebner (11, LXXII, III. Abthlg. und 1, XXIX) würden die Fibrillen nicht verkalken, sondern nur die zwischen ihnen befindliche Kittsubstanz, während Kölliker die Kalkimprägnirung hauptsächlich in die Fibrillen verlegt und die Kittsubstanz als irgendwie wesentlich nicht anerkennt, wenn auch wohl als in minimaler Menge vorhanden. Man vermag die Fibrillenbündel zu isoliren, wenn man einen entkalkten Knochen mit 5 bis 10procentiger Kochsalzlösung behandelt (v. Ebner) oder auch lange Zeit in schwachem Alkohol oder dünner Chromsäure macerirt (Kölliker). Auf diese Weise oder auch schon durch einfaches Schaben mit einem Skalpel über die Längsschnittfläche eines entkalkten Knochens erhält man auch die Lamellen mehr oder weniger isolirt. Als Resultat der Untersuchung ergiebt sich, dass die Fibrillenbündel, meist in einfacher Lage durch zahlreiche spitzwinkelige Anastomosen unter einander verbunden, Platten, die primären Lamellen, bilden, folgen mehrere solcher mit gleicher Faserrichtung auf einander, so entstehen secundäre Lamellen. Die Lamellen, seien es nun primäre oder secundäre, sind vielfach unter einander durch Bündel verbunden, die unter spitzen Winkeln übertreten und folgen im Knochen so auf einander, dass die Richtung ihrer Fibrillen einen mehr oder weniger grossen Winkel bildet, das Verhalten ist also ein ganz ähnliches wie das der Lamellen in den Fascien (p. 270) und in der Hornhaut. Nach Kölliker ist die Verlaufsrichtung der Fibrillen am häufigsten so, dass sie sich unter einem rechten Winkel kreuzen, dabei aber in jeder Lamelle einen Winkel von etwa 45° mit der Axe des Havers'schen Kanals bilden, häufig komme es auch vor, dass die einen Fasern quer oder nahezu quer und die anderen sehr steil ansteigend unter Winkeln von 20 bis 30° zur Axe der Kanäle verlaufen, am seltensten, dass die einen Fasern longitudinalen und die anderen transversalen Verlauf zeigen. Unter dem Polarisationsmikroskope erkennt man, dass nur die streifig aussehenden Lamellen, deren Fibrillen also horizontal verlaufen, doppelbrechend sind, während die punktirten einfach brechend erscheinen. Je nachdem die Fibrillen unter mehr oder weniger spitzen Winkeln getroffen sind, ändern sich die Polarisationserscheinungen. Die Dicke der Lamellen schwankt zwischen 3 und 12 μ, je nach der Menge der primären Lamellen, welche sie zusammensetzen, die häufigste Dicke ist 3 bis 5 μ (v. Ebner). An manchen Stellen des Knochens kann eine lamellöse Schichtung scheinbar fehlen, nämlich dann, wenn die Fibrillen einander unter sehr spitzen Winkeln kreuzen, und beim Schnitt ziemlich gleichmässig getroffen sind. Die Fibrillen

in den einzelnen Bündeln, diese unter sich in den primären Lamellen und ebenso die Lamellen unter einander sind verbunden durch den Rest der homogenen Grundsubstanz, welche als Kittsubstanz dient. In dieser finden sich die Knochenhöhlen und Knochenkanälchen ausgespart. Die Knochenhöhlen liegen mit ihrem Längsdurchmesser parallel der Richtung der Fibrillen an den primären Lamellen an, resp. zwischen auf einander folgenden, sie werden naturgemäss in den punktirten Lamellen im Querschnitt, in den gestreiften im Längschnitt erscheinen. Die Knochenkanälchen verlaufen zwischen den die Lamellen zusammensetzenden Bündeln. Weder die Lücken noch die Kanälchen werden direct von den Fibrillen begrenzt, sondern stets von der Kittsubstanz, deren innerste Lage zu jener oben schon erwähnten sehr widerstandsfähigen Schicht umgewandelt ist. In Figur 190 sieht man drei isolirte sich unter rechtem Winkel kreuzende Lamellen, an deren freien Enden auch die Bündel deutlich hervortreten. Die kleinen ovalen Lücken sind die Durchtrittsstellen der Knochenkanälchen; dass dieselben oval erscheinen, hängt nach v. Ebner mit dem welligen Verlauf der Kanälchen zusammen. Die einander gleich verlaufenden Lamellen bilden S y s t e m e, so um jedes Havers'sche Kanälchen ein Havers-sches Lamellensystem etc.



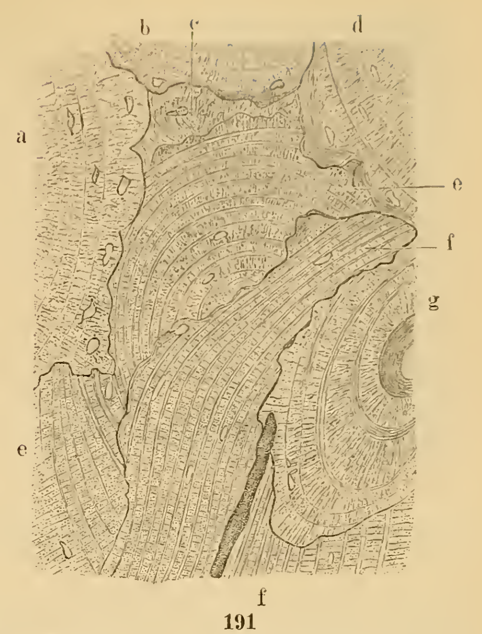
190

Drei Lamellen von den äusseren Generallamellen eines entkalkten Humerus des Menschen. Starke Vergrösserung. Die Fibrillenbündel in den auf einander folgenden Lamellen kreuzen sich unter rechten Winkeln. Die ovalen Lücken in den Lamellen sind Querschnitte von Knochenkanälchen. Copie n. Kölliker (12, Bd. XLIV).

Ueberall in den Knochen stossen die Grenzen der einzelnen Systeme an einander, wodurch es bewirkt wird, dass der Knochenschliff oder -Schnitt wie aus einzelnen Feldern von sehr verschiedener Form zusammengesetzt erscheint. Die scharf hervortretenden Grenzen dieser sind von v. Ebner als K i t t l i n i e n bezeichnet worden, da die Grenzflächen der Systeme nur durch eine Kittsubstanz zusammenhängen. Figur 191 lässt dieselben als scharfe dunkle Linien erkennen. Genauer werde ich auf dieses Bild weiter unten bei der Besprechung der Appositions- und Resorptionsvorgänge

einzugehen haben. KÖLLIKER bezeichnet diese Linien als „Grenzlinien", da eine Kittsubstanz hier in Wirklichkeit nicht nachgewiesen sei.

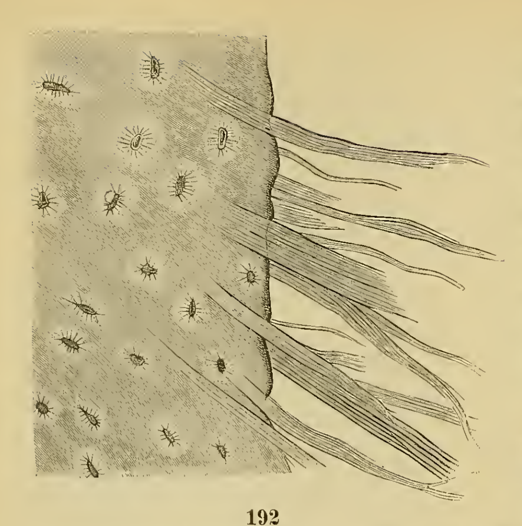
Es geht aus dem eben Gesagten hervor, dass man ein jedes Lamellensystem in eine Anzahl von Röhren mit faseriger Wandung zerlegen kann, die in einander stecken. In dem Innenraum der HAVERS'schen Systeme steckt ein Blutgefäss, in dem der Generallamellen der gesammte Knochen resp. das Knochenmark. Röhren mit harter, fester Wandung sind, wie die Technik lehrt, ausgezeichnet geeignet, um eine bedeutende Widerstandsfähigkeit bei geringer Masse zu erzielen. Diese Art des Aufbaues ist also beim Knochen angewandt, zugleich mit der dem Lebenden eigenthümlichen Modification der fortdauernden Ausbesserung und Ergänzung des Materials durch die Zellen und Blutgefässe.



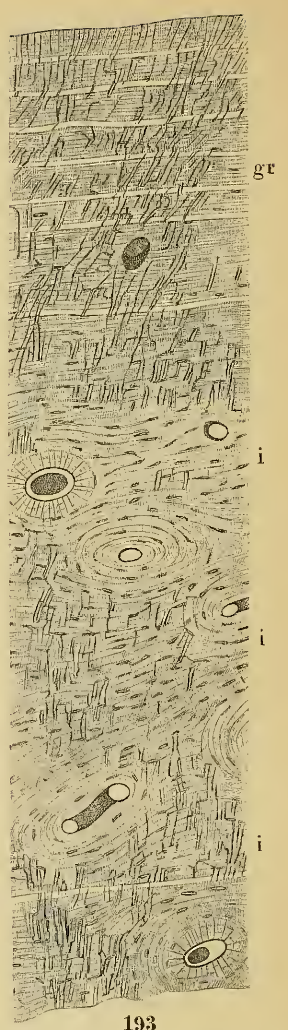
191

Lamellen und Kittlinien. Stück eines Querschliffs vom dritten Mittelhandknochen eines Erwachsenen. Nach einem mit hartem durch Erhitzen flüssig gemachtem Canadabalsam infiltrirtem Präparate. Vergr. 280. Copie nach v. EBNER (14, Bd. LXXII.). Wegen der Buchstaben s. Text auf p. 324.

b) **Sharpey'sche Fasern** („perforating fibres", SHARPEY 1856). Es sind dieses Bindegewebsfibrillenbündel, welche vom Periost aus mehr oder weniger weit in den Knochen eindringen, indem sie die äusseren Generallamellen und die ächten interstitiellen Lamellen, d. h. diejenigen, die von den Grundlamellen und nicht von HAVERS'schen herstammen, dabei durchbohren. Sie sind von sehr verschiedener Dicke und entweder unverkalkt geblieben (die meisten feineren Fasern) oder theilweise verkalkt. Die ersteren werden auf dem Schliffe des macerirten Knochens als lufthaltige Röhrchen erscheinen, bei den letzteren ist die Verkalkung vielleicht, wie bei den Knochenfibrillen auf die Kittsubstanz beschränkt. Am erweichten Knochen vermag man diese Fasern durch Zerzupfung zu isoliren. (Figur 192). Wie schon oben be-



192
Durch Zerzupfen isolirte SHARPEY'sche Fasern aus einem erweichten Os parietale des Erwachsenen. Copie n. KÖLLIKER (12, Bd. XLIV).



193
SHARPEY'scheFasern auf dem Querschliff. Aeusserer Theil eines geglühten Querschliffs aus dem Femur des erwachsenen Menschen von der Mitte der Diaphyse. gr = Aeussere Grundlamellen mit besonderen hellen Zonen, die Ansatzlinien bezeichnen; i = ächte interstitielle Lamellen, beide mit SHARPEY'schen Fasern. Copie n. KÖLLIKER (12, Bd. XLIV).

merkt, nehmen die SHARPEY'schen Fasern ihren Ursprung aus dem Perioste, sie werden daher in solchen Theilen des Knochens zu finden sein, die von diesem abstammen (s.unten „Verknöcherung"). Es sind das die äusseren Generallamellen und die ächten interstitiellen Lamellen.

Die Fasern fehlen den HAVERS'schen Lamellensystemen, den von ihnen abstammenden unächten interstitiellen und den inneren Generallamellen. Figur 193 lässt dieses Verhalten zum Theile erkennen. Mitunter sind die SHARPEY'schen Fasern so dick und ihre Zahl ist so bedeutend, dass in interstitiellen Theilen die Anordnung in Lamellen ganz aufhört und ein Bild resultirt, dass an einen Sehnenquerschnitt erinnert.

Auch elastische Fasern treten in den Knochen ein, entweder für sich oder in Verbindung mit den Fibrillenbündeln. Sie kommen an denselben Orten vor, wie die Fibrillenbündel und verkalken nicht.

3) Weichtheile, welche der äusseren oder inneren Oberfläche des Knochens anliegen.

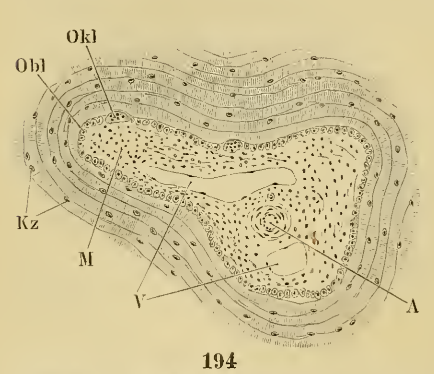
a) **Das Periosteum, Knochenhaut, Beinhaut.** Dasselbe ist eine fibröse Membran, die den Knochen umgiebt mit Ausnahme der Stellen, an welchem derselbe von Gelenkknorpel bedeckt ist. Sie ist bald dicker, sehnig glänzend, bald zart und durchscheinend, unter Umständen mit darüber befindlicher Schleimhaut verbunden. Man unterscheidet an ihr gewöhnlich zwei Lagen: eine äussere sehnigere, aus verfilzten Bindegewebsbündeln mit elastischen Fasern bestehende, die eigentliche fibröse Schicht, und eine innere zartere, in der das elastische Gewebe mehr hervortritt, während die Fibrillenbündel feiner werden. Als innerste Schicht dieser finden sich, dem Knochen dicht anliegend, stellenweise auch beim Erwachsenen, Osteoblasten und Osteoklasten, welche eine Keimschicht bilden (Ollier, 64, II, 1859: „blastème [ostéogène] sous-périostal"). Diese Schicht ist, wie Ollier nachwies, für die Regeneration des Knochens nothwendig und daher, falls eine solche erstrebt wird, unter allen Umständen zu erhalten.

Die äussere Abtheilung des Periosts enthält hauptsächlich die Netze der Nerven und Gefässe, von denen eine grössere oder geringere Anzahl von Aesten durch die innere Schicht hindurch in die Volkmann'schen Kanäle des Knochens eintritt. Diese sowie die bindegewebigen und die elastischen Sharpey'schen Fasern, die in den Knochen eindringen, stellen die Verbindungselemente dar zwischen Periost und Knochen. Die Festigkeit und Innigkeit dieser Verbindung ist sehr wechselnd.

Die Dura mater auf der inneren Seite der Schädelknochen entspricht in ihren Eigenschaften dem Perioste.

b) **Das Knochenmark.** Grössere Gefässstämme, die theilweise auch besonders als „Vasa nutritia" in der Anatomie benannt werden, treten durch grössere Kanäle von Aussen nach Innen in den Knochen ein, um sich in den Markräumen desselben reichlich zu verästeln. Die Gefässe werden begleitet von fibrillärem Bindegewebe und dieses breitet sich in den Markräumen bedeutend aus, indem es ein sehr zartes Gerüstwerk bildet, das theilweise noch fibrillär ist, so besonders in der Nähe der Gefässe und der Oberfläche der Markmasse, theilweise in reticuläres Gewebe übergeht und so dem Gerüst der Lymphdrüsen gleicht. Das fibrilläre Gewebe an der Oberfläche der Markmasse bildet zwar nicht eine auf weite Strecken für sich darstellbare Membran (ein sogenanntes „Endosteum" im Gegensatze zum Periost),

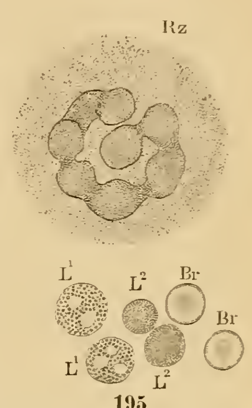
stellt indessen doch einen festeren Abschluss nach Aussen her. Es enthält eine grössere Menge von feinen elastischen Netzen und trägt auf der dem Knochen zugewandten Seite ein Endothel, so dass es im Ganzen einer serösen Membran ähnelt (vergl. „Lymphbahnen des Knochens"). Die aus dem Mark in den Knochen übertretenden Gefässe werden von Markgewebe in die HAVERS'schen Kanäle hinein begleitet (Figur 194), doch nimmt dasselbe mit der abnehmenden Weite der Kanäle an Masse ab. Die Osteoklasten und Osteoblasten, welche der inneren Fläche des Knochens unmittelbar anliegen, sei es in der grossen Markhöhle, sei es in der Spongiosa oder den HAVERS'schen Kanälen, gehören ursprünglich zum Mark und lassen sich von demselben auch räumlich nicht trennen, so lange dasselbe jugendlich ist. Später, wenn es sich mit einer Endothelhülle nach Aussen abschliesst, liegen sie vielleicht ausserhalb dieser, vielleicht aber bildet sich eine Endothelhülle überhaupt nur an solchen Stellen aus, an denen, bei vollendetem Wachsthum, eine Schicht von Osteoblasten und Osteoklasten nicht mehr existirt. In dem jugendlicheren, rothen Marke hat sich wenigstens ein solcher Endothelüberzug noch nicht nachweisen lassen, sondern nur an dem gelben Fettmarke. Ausser der den durchziehenden Gefässen zukommenden Function, den Knochen und die ihn bildenden resp. modificirenden Zellen zu ernähren, hat das Mark eine weitere sehr wichtige, die mit dem Leben des Knochens an sich nichts zu thun hat, nämlich die: rothe Blutkörperchen und Leukocyten zu bilden. So wird der geschützte Raum im Inneren der Knochen dazu verwendet, um einem sehr zarten und hinfälligen Gewebe sichere Unterkunft zu schaffen, das für den Körper von der grössten Bedeutung ist, und der grösste Theil des durch die Vasa nutritia dem Knochen zugeleiteten Bluts dient wahrscheinlich der Blutbildung. Das Knochenmark gehört zu den **wichtigsten blutbildenden Organen**, steht also den Lymphdrüsen und der Milz nahe. Bei den



194

Grösseres HAVERS'sches Kanälchen mit Weichtheilen. Aus dem Femur eines noch wachsenden Hundes. MÜLLER'sche Flüssigkeit; Entkalkung, Alkohol, Celloidin, Lithioncarmin, Pikrinsäure. Vergr. 130. A = Arterie; Kz = Knochenzellen; M = Markgewebe; Obl = Osteoblasten; Okl = Osteoklasten, in kleinen Vertiefungen des Knochens gelegen (HOWSHIP'sche Lakunen); V = Vene.

Fischen findet sich überhaupt noch kein Knochenmark, sondern statt desselben liegt ein ihm in Bezug auf die Blutbildung entsprechendes Gewebe bei den Teleostiern zwischen den Nierenkanälchen, bei den Selachiern zwischen den Häuten des Oesophagus und in den Geschlechtsdrüsen (SANFELICE 13, XIII). Das Knochenmark kommt nur den Säugern, Vögeln, Reptilien und Amphibien zu. Bei den geschwänzten Amphibien wird es indessen in Bezug auf die Blutbildung durch die Milz ersetzt. In den Maschen des sehr zarten, theils noch fibrillären, theils reticulären Gerüstes liegt eine grosse Anzahl von Zellen, welche dasselbe verdecken. Es sind das Leukocyten (auch speciell als „Markzellen" bezeichnet), junge kernhaltige rothe Blutkörperchen, Riesenzellen. In Figur 195 sind bei L^1 Leukocyten mit gelapptem Kerne und stark glänzenden Körnchen, bei L^2 solche mit ganz matt glänzendem Körper, bei denen ein Kern nicht sichtbar war, dargestellt. Bei Br sind zum Vergleiche der Grösse rothe Blutkörperchen gezeichnet (vergl. auch Capitel X). Bei Rz sieht man eine bei derselben Vergrösserung wiedergegebene Riesenzelle mit ihrem eigenthümlich gelappten Kern. Ich werde des Näheren auf alle diese Elemente einzugehen haben in dem die Blutbildung behandelnden Capitel. Ausser den genannten sind, oft in sehr grosser Menge, Fettzellen vorhanden. Ueberwiegen diese an Masse, so entsteht das gelbe Knochenmark oder Fettmark, sind sie nur in geringer Anzahl vorhanden oder fehlen sie ganz, so haben wir das rothe Knochenmark. Bei der Geburt ist dieses letztere noch in allen Knochen vorhanden, im Laufe des weiteren Wachsthums wird es in den Extremitätenknochen mehr und mehr durch das gelbe ersetzt und zwar dringt dieses von der Spitze der Extremitäten aus proximalwärts vor bis schliesslich bei dem sich unter normalen Verhältnissen der Ernährung befindenden Erwachsenen nur noch in den Capita humeri und femoris rothes Mark zurückbleibt. (NEUMANN 42, 1882, N. 18.) Je stärker fetthaltig das Mark ist, um so weniger blutbildende Zellen sind vorhanden und bei wieder eintretender



Markzellen aus dem Knochenmark einer Ratte, frisch, ohne Zusatz. Vergr. 700. L^1 = stark körnige Leukocyten, deren gelappte Kerne nur an einigen Stellen hervortreten, wo sie sich der Oberfläche nähern; L^2 = Leukocyten mit mattglänzendem Zellleibe, deren Kern nicht sichtbar war; Br = rothe Blutkörperchen, als Grössenmassstab; Rz = Riesenzelle mit stark lappigem Kern, der durch den mattglänzenden Leib hindurchschimmert. Der Kern ist dunkeler und deutlicher gezeichnet als in Natur, wiewohl er auch da bei verschiedener Einstellung sehr scharf erkennbar war.

stärkerer Blutbildung schwindet das Fett, und zwar umgekehrt wie es sich vorher gebildet hat, d. h. distalwärts, und die Zellen treten wieder in ihre ursprüngliche Function. Die Fettzellen sind daher wahrscheinlich auch nicht Zellen des Gerüstes, sondern Leukocyten, wenigstens der Hauptsache nach, und werden bei den Selachiern durch eigenthümliche fetthaltige Körnchenzellen, die den Leukocyten zugehören, ersetzt (Sanfelice). Bei alten und heruntergekommenen Individuen nimmt der Fettgehalt des Markes ab, ohne dass deshalb eine erhöhte Blutbildung eintritt, und wie bei atrophischem Fettgewebe (p. 281), tritt auch hier ein schleimiger Inhalt in den Fettzellen auf, es entsteht so das gelatinöse oder Gallertmark.

Regeneration. Wird das Knochenmark der Diaphyse bei Thieren zerstört, z. B. experimentell entfernt, so vermag es sich von den in den Havers'schen Kanälchen und in den Epiphysen vorhandenen Resten aus sehr bald zu regeneriren. Es wird vollständig wieder ersetzt, nimmt auch die Function der Blutbildung auf und ist nach 112 Tagen ev. nach neun Monaten nicht mehr von dem erhalten gebliebenen zu unterscheiden (Bajardi 74, XIII, 1882). Die Ernährung des Knochens leidet dabei nicht erheblich.

Knochenbildung vom Mark aus. Die Frage, ob sich vom Mark aus Knochen neu bilden kann, ist verschieden beantwortet worden. Bei Transplantationen erhielt Bruns (75, XXVI) beim Hunde positive Resultate (falls auf dasselbe Thier transplantirt wurde), Bonome (8, C) negative. Am Knochen selbst fand Bajardi (74, XIII, 1882) übereinstimmend mit Bidder (75, XXII), dass bei sehr jungen Thieren eine sehr rege Knochenbildung in den Epiphysen und in der Markhöhle eintritt, bei kaum erwachsenen Thieren nur innerhalb der Epiphysen. Bei alten Thieren vermochte Bidder eine Knochenbildung weder in der Markhöhle, noch in der Epiphyse aufzufinden.

4) **Blutgefässe.** Dieselben sind in ihrer Vertheilung mit am genauesten studirt worden von Langer (11, XXXVI).

Periost. Die äussere, fibröse Lage dieses ist ziemlich reich an Gefässen, kleinen Arterien und Venen, die zusammen verlaufen (eine Arterie mit zwei Venen) und mit den Netzen grösserer Gefässe zusammenhängen, die aus der makroskopischen Anatomie her bekannt sind. Capillaren kommen in dem fibrösen Gewebe nur selten vor, häufiger an Nerven, Fett. Wo sich Muskelfasern ansetzen, anastomosiren die Gefässe dieser mit denen des Periosts. Die in der inneren Lage befindlichen Gefässe liegen dem Knochen unmittelbar an, oft in Rinnen desselben, von ihnen treten Aeste direct in die compacte Knochensubstanz ein.

Compacte Knochensubstanz. In den Volkmann'schen und Havers'schen Kanälen dieser ziehen kleine Arterien hin, die von einer oder zwei Venen begleitet sind (vergl. Figur 194) und mit anderen kleinen Arterien direct anastomosiren, die aus dem Marke (d. h. aus den Vasa nutritia) herstammen. Wirkliche Capillaren finden sich nur in grösseren Kanälen und gehören dann zu dem in diesen befindlichen Mark. Der eigentliche Knochen bedarf zu seiner Ernährung keiner Capillarausbreitung und verhält sich also auch in dieser Beziehung den fibrösen Membranen gleich, denen er sich seinem sonstigen Bau nach ja unmittelbar anschliesst. Die kleinen in den Havers'schen Kanälen liegenden Arterien entsprechen in ihrem Verlaufe durchaus der Arteria nutritia, können daher dieselbe auch event. ersetzen. Ausserdem treten, so an den Knochenenden der Röhrenknochen, gewöhnlich mehr oder weniger viele etwas grössere Arterien resp. Venen durch die Compacta hindurch, welche zwischen der Art. nutritia und den kleinen die Mitte halten. Alle diese Gefässe stehen in dem reichen Netze der Havers'schen Kanäle mit einander in Verbindung.

Mark. Die Art. nutritia giebt schon im Gefässkanale eine Anzahl feinerer Aestchen ab, welche, sich wieder verästelnd, sowohl die mit den Gefässen zusammenliegenden Nerven versorgen wie in Havers'sche Kanäle eindringen, welche in den Canalis nutritius ausmünden. Auch von dem Markrohr aus treten zahlreiche Aeste in die compacte Knochensubstanz ein. Die Venen folgen diesen arteriellen Verzweigungen, bilden aber ausserdem noch eigene Netze, welche keinen Arterien direct entsprechen. Im Mark selbst bilden die Arterien ein grösseres Netz, aus welchem die feineren Aeste abgehen. Auch hier sind weit mehr Venenverästelungen da als entsprechende der Arterien. Die letzteren besitzen zunächst eine muskulöse Wand, wie auch sonst, werden dann feiner und gehen schliesslich in c a p i l l a r e A r t e r i e n oder a r t e r i e l l e C a p i l l a r e n über, welche dann in ein Netz von v e n ö s e n C a p i l l a r e n einmünden. D i e s e l e t z t e r e n s i n d z w e i - b i s d r e i m a l s o d i c k a l s j e n e und die E i n m ü n d u n g g e s c h i e h t m i t p l ö t z l i c h e r t r i c h t e r f ö r m i g e r E r w e i t e r u n g (Neumann). Die ganze Anordnung erinnert so an die Milz, doch besitzen die venösen Capillaren des Knochens eigene überall geschlossene Wandungen.

Abgrenzungen der Gefässe gegen andere Theile und Verbindungen mit solchen. Die Gefässe des P e r i o s t s grenzen sich gegen den Gelenkknorpel mit capillären Netzen und zottenartig an-

ordneten Schlingen ab. — Die inneren Gefässe endigen unter dem Gelenkknorpel in einer grossen Anzahl von feinen, neben einanderliegenden Papillen (ähnlich den Papillen der Haut), in welchen sich kein Mark mehr befindet, sondern nur einfache Capillarschlingen, die von fibrillärem Bindegewebe begleitet sind. Diese Papillen werden von wenigen Lagen compacter Knochensubstanz überzogen. Ganz ähnlich ist das Verhalten an den Stellen, wo Bänder sich an den Knochen ansetzen. Hier finden sich im Knochen wie im Bande Endschlingen, doch gehen auch einige der in dem Bande der Länge nach verlaufenden Gefässe in die des Knochens über, so dass eine directe Gefässverbindung statt hat.

Blutbewegung. Die Venen besitzen, sobald sie den Knochen selbst verlassen, Klappen. Die Bewegungen der Gelenke scheinen wesentlich auf die Fortbewegung in den Venen einzuwirken, direct zu pumpen. Die im Knochen liegenden Venen sind äusserst dünnwandig. Der Blutdruck in ihnen und in dem Capillarsystem muss sehr gering, die Fortbewegung des Blutes in den Capillaren eine sehr verlangsamte sein.

5) Die Lymphbahnen [1].

Periost. In der fibrösen Schicht des Periosts finden sich Lymphgefässe, welche zu zweien die entsprechenden Blutgefässe begleiten und weiterhin in selbständige supraperiostale Lymphgefässe übergehen. Diese Lymphbahnen stehen in Verbindung mit denen der Sehnen, welche an dem Periost sich ansetzen. Zwischen Periost und Knochenoberfläche liegen mehr oder weniger ausgedehnte Spalträume, subperiostale Lymphräume, welche von Endothel ausgekleidet sind, das häufig direct die Oberfläche des Knochens überzieht. Zwischen der fibrösen und der inneren Schicht existiren Spalträume, die nach aussen mit Lymphgefässen in Verbindung stehen, mit den subperiostalen Räumen vielleicht durch feine, spaltenförmige neben den Bündeln hinziehende Saftkanälchen communiciren.

Knochen. Die subperiostalen Räume stehen mit perivasculären Lymphgefässen in den Volkmann'schen resp. Havers'schen Kanälen in Verbindung. Bei diesen umgiebt ein äusseres Endothelrohr das Blutgefäss. Dieses äussere Endothel liegt unter Umständen auch wieder der Knochenwand des Kanals streckenweise an. In weiten Kanälen, so auch im Canalis nutritius, finden sich auch selbständige Lymphgefässe. Die auf der Oberfläche des Knochens sowie in den

---

[1]) Rauber 65; Budge 1, XIII; Schwalbe 7, II.

HAVERS'schen Kanälen ausmündenden Knochenkanälchen stehen mit den betreffenden Lymphräumen in Verbindung und können von ihnen aus injicirt werden.

Mark. Die die Markhöhle der Röhrenknochen ausfüllende Markmasse ist auf ihrer Oberfläche von einer zarten aus fibrillärem Bindegewebe mit elastischen Fasern bestehenden Schicht überzogen, die auf der dem Knochen zugewandten Seite ein Endothel trägt, also ähnlich einer serösen Haut gebaut ist (s. oben p. 312). Ihr gegenüber ist die Oberfläche des Knochens ebenfalls von Endothel bedeckt, soweit nicht Osteoklasten oder Osteoblasten vorhanden sind. Zwischen den beiden Endothelschichten befindet sich ein Lymphraum. Dieser perimyeläre Lymphraum[1] steht wieder in Verbindung mit den dahin ausmündenden Knochenkanälchen und den perivasculären Lymphscheiden der ihn durchsetzenden und in den Knochen eintretenden Blutgefässe. — In dem Mark selbst sind Lymphgefässe noch nicht sicher nachgewiesen.

So hindert also nichts den von den Gefässen ausgehenden Saftstrom den ganzen Knochen nach allen Richtungen zu durchziehen und die in den Knochenhöhlen liegenden Zellen zu umspülen. Die Endothelüberzüge des Knochens selbst finden sich wohl nur an Stellen, an denen Osteoblasten und Osteoklasten nicht mehr vorhanden sind. Ob sie eventuell aus Osteoblasten hervorgehen können, ist unbekannt.

6) Die Nerven.

Das **Periost** besitzt im Ganzen wenig Nerven, die theils den Gefässen folgen, theils für sich verlaufen. An den Gelenkenden mancher Knochen (Ellenbogen, Knie, Knöcheln) sah KÖLLIKER die Nerven reichlicher als sonst in dem gefässreichen Bindegewebe über dem eigentlichen Periost. Die Endigungsweise der Nerven ist unbekannt — sie scheinen frei zu endigen — mitunter, namentlich an den Gelenken, finden sich VATER'sche Körperchen.

Der **Knochen** besitzt ziemlich viel Nerven, welche mit den Vasa nutritia als kleine Stämmchen eintreten und sich im Marke weithin verästeln. Sie dringen in die spongiöse Substanz der Epiphysen und sogar bis in die Substantia compacta der Diaphyse (KÖLLIKER) zusammen mit den eintretenden Arterien. Sehr reich an Nerven sind die Wirbelkörper sowie Schulterblatt und Hüftbeine; auch im Brustbeine und den platten Schädelknochen sind sie

---

[1]) Neuerdings auch von SANFELICE bestätigt (13, XIII).

nachgewiesen, doch in den letzteren spärlich (Kölliker). Es sind im wesentlichen Fasern von geringem Durchmesser; zum grössten Theile von Rückenmarksnerven, jedoch auch vom Sympathicus stammend. Endigung ist unbekannt.

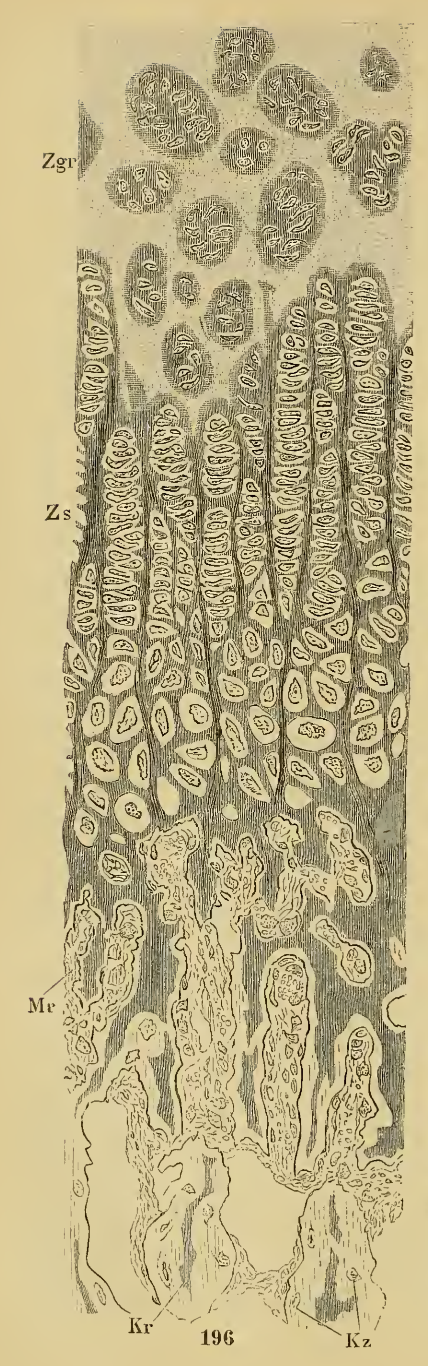
Entwickelung der Knochen.

Schon die bisher mitgetheilten Thatsachen über den Aufbau des ausgebildeten Knochens haben erkennen lassen, dass das Knochengewebe die höchst differenzirte der Bindesubstanzen ist, noch mehr tritt dieses aber bei der Entwickelung des Knochens hervor. Nicht von vorne herein bildet sich Knochen, sondern erst, nachdem statt seiner Bindegewebe oder Knorpel sich ausgebildet hat, entsteht er auf dieser Basis, welche theilweise oder ganz untergeht. Ja, auch diese Vorstufe genügt noch nicht, denn auch der zuerst gebildete Knochen geht wieder zu Grunde, und wird durch eine vollkommenere Knochensubstanz ersetzt.

Man muss dabei nach Strelzoff (42, 1873 und 100, 1873) zwei Arten der Knochenentwickelung unterscheiden: Die neoplastische, bei der von der osteogenen Schicht des Perichondriums resp. Periosts aus sich Knochen auf Kosten des vorhandenen Grundgewebes bildet, und die metaplastische, bei der einfach Knorpel mit Erhaltung seiner Zellen in Knochen umgewandelt wird.

a) **Knochenentwickelung bei knorpelig vorgebildeten Knochen.** Bei weitem der grösste Theil des Skelets ist knorpelig angelegt, nur ein Theil der Schädelknochen (Schädeldach und Seitentheile, Gesichtsknochen) entwickelt sich auf andere Weise. Der Knorpel ist hyalin und von seinem Perichondrium umkleidet. Mehr oder weniger lange vor der Verknöcherung wachsen vom Perichondrium, später auch von den Knochenkernen aus, Gefässe in den Knorpel hinein, als ein Zeichen einer nun beginnenden erhöhten Thätigkeit (vergl. auch p. 293 Verknöcherung des Kehlkopfknorpels). In einer bestimmten Zeit treten an bestimmten Stellen des Knorpels Wucherungsprozesse der Zellen auf, deren Resultat eine Anhäufung von grossen blasigen Zellen mit nur wenig Intercellularsubstanz ist. Die so ausgezeichneten Stellen sind damit zu den Ossificationspunkten geworden. In der Grundsubstanz derselben lagern sich Kalkkrümel ab, so dass eine Art von Verkalkung des Knorpels entsteht (Verkalkungspunkte). In den verschiedenen Knochen treten sehr verschieden viele derartige Punkte auf, in den langen Röhrenknochen

gewöhnlich zuerst einer in der Mitte der Diaphyse, später je einer in den beiden Epiphysen. Während dieser Vorgänge hat in der Mitte der Diaphyse, also ganz benachbart dem ersten Ossificationspunkte eine innerste zellenreiche Schicht des Perichondrium (die osteogene Schicht) angefangen, Knochen zu bilden, indem ihre Zellen zu Knochenzellen werden, während die dazwischen gelegene faserige Grundsubstanz verkalkt. Es entsteht so ein Knochengewebe, das von dem späteren verschieden ist, das geflechtartige Knochengewebe (v. Ebner) (die „grobfaserige Knochensubstanz“ Kölliker, der „Wurzelstock“, Gegenbaur). So wird das Perichondrium zum Periost. Gleichzeitig wuchern von diesem aus blutgefässhaltige Fortsätze, die periostalen Zapfen, in den Knorpel hinein nach dem Ossificationspunkte hin und in diesen hinein. Die Knorpelgrundsubstanz schmilzt vor den andrängenden Zapfen und ebenso löst sich bei ihrer Berührung die kalkhaltige Grundsubstanz des Ossificationspunktes. Die Knorpelhöhlen werden eröffnet, die in ihnen befindlichen Zellen, welche vorher schon sich in einem Degenerationszustande zu befinden scheinen, gehen wahrscheinlich zu Grunde, und so entstehen die von den periostalen Zapfen erfüllten ersten Markräume (primordialer Markraum, Strelzoff). Mit den periostalen Zapfen ist auch osteogenes Gewebe in den Knorpel eingedrungen und dieses bildet in jedem neuen Markraume sofort eine Knochenschicht, so dass unregelmässig geformte Balken zwischen den einzelnen Zapfen entstehen, die aussen einen Knochenüberzug besitzen, während im Inneren noch Knorpelgrundsubstanz vorhanden sein kann. Während dieser Vorgänge wächst natürlich der unveränderte Knorpel immer weiter, und da die Diaphyse weit länger als breit ist, so wird sehr bald an dem Ossificationspunkte derselben nur noch eine Längenausdehnung eintreten, während in den Epiphysen (und ebenso in den kurzen Knochen) ein allseitiges Wachsthum statt hat. So bilden sich in der Diaphyse die beiden Ossifikationszonen aus, welche ziemlich geradlinig den Knochen quer durchsetzen. An Schnitten durch eine solche erkennt man nun leicht die Veränderungen des Knorpels (Figur 196). Zunächst nehmen in Folge von Zellvermehrung die kleinen Häufchen der Knorpelzellen an Umfang zu und bilden grössere Zellgruppen (Zgr). Bei weiter fortschreitender Zellvermehrung gehen aus diesen Gruppen wahrscheinlich in Folge des Zusammenwirkens von zwei Factoren: dem Ueberwiegen des Saftstromes in der Längsrichtung (event. von der Ossificationszone her) und dem gegenseitigen Drucke der wachsenden Gruppen, längere Zellsäulen (Zs) hervor, deren



Ossificationszone. Senkrechter Schnitt durch die Ossificationszone an der Diaphysengrenze eines Kalbsknochens. Doppelfärbung mit Blauholz-Pikrinsäure. Die dunklen Stellen waren im Präparat blau. Vergr. 250. Zgr = Hyaliner Knorpel mit vergrösserten Zellgruppen und blau gefärbten Knorpelkapseln; Zs = Zone der Zellsäulen, zwischen welchen in der Grundsubstanz Fasern auftreten; darunter die Zone der blasig gewordenen Knorpelzellen mit allmählich verkalkender Grundsubstanz; Mr = Markraum; Kr = Blaugefärbte Knorpelreste in dem gelb erscheinenden Knochen; Kz = Knochenzellen.

Zellen nur durch ganz dünne Septa von Grundsubstanz geschieden sind. Zwischen den Säulen liegen ebenfalls nur schmale Septa, deren Substanz eine faserige Structur zeigt, deren Bedeutung und Herkunft noch nicht genauer bekannt sind. Noch weiter nach dem Knochen hin verändern die Knorpelzellen sich selbst, indem sie grösser und blasig werden, und zwischen den letzten Reihen dieser Zellen treten dann Kalkkrümel in der Grundsubstanz auf, es findet also auch hier zunächst eine Verkalkung statt. Ist bis hierher der Knorpel nur Veränderungen unterworfen gewesen, die sich in seiner eigenen Substanz abspielten, so treten jetzt neue Elemente auf, die ihn zerstören: die von dem Knochenkerne her vorwachsenden Blutgefässe mit ihrer Begleitschaft von Markgewebe, Osteoblasten und Osteoklasten. Bei ihrem Andringen löst die Knorpelgrundsubstanz mit den Kalkkrümeln sich auf, die Knorpelhöhlen öffnen sich, die Zellen derselben scheinen zu zerfallen und so wachsen die Markräume (Mr) mehr und mehr in den Knorpel hinein. An ihrer Seitenwand bil-

den die Osteoblasten eine zunächst dünne Schicht von Knochen (der helle durch eine scharfe Contur vom Markraum (Mr) abgetheilte Streifen), die rasch wächst, daher schnell dicker wird, je weiter man in die früher gebildeten Knochentheile eindringt, so dass man bald rings von Knochen umschlossene Osteoblasten als Knochenzellen findet (Kz). Innerhalb der so entstandenen Knochenbalken liegen noch lange immer schmaler werdende Knorpelreste (Kr), so dass die Knochenbälkchen zunächst als hohl zu denken sind.

Bei denjenigen Knorpeln, in welchen der Knochenkern nicht mit einer solchen Intensität nach zwei Richtungen, sondern langsamer nach allen Richtungen hin zunimmt, wie in den Anlagen der kurzen Knochen und der diesen entsprechenden Epiphysen, kommt es nicht zu der Ausbildung der Zellsäulen, sondern nur zur Bildung von grösseren Zellgruppen, im Uebrigen ist der Vorgang derselbe. Je mehr die Intensität des Wachsthums zunimmt, um so mehr nähern sich die Zellgruppen der Säulenform.

Zu bemerken ist auch noch, dass nicht alle Autoren annehmen, dass die Knorpelzellen durch Degeneration zu Grunde gehen, sondern zum Theil sogar die Osteoblasten direct aus denselben ableiten (Kassowitz u. A.). Kassowitz ist ferner der Meinung, dass der zuerst auftretende Knochen als eine directe Verknöcherung der Knorpelgrundsubstanz aufzufassen sei (metaplastische Knochenbildung), bei der event. auch Knorpelzellen, direct mit eingeschlossen, zu Knochenzellen werden könnten. Erst später träte die regelmässige neoplastische Knochenbildung ein.

Diese so im Knorpel ablaufenden Vorgänge benennt man als **enchondrale** oder **endochondrale Knochenbildung**, ihre Reihenfolge, die sich als Schichtung zu erkennen giebt, würde also kurz diese sein (vergl. Figur 196): 1) Vermehrung der Knorpelzellen, Schicht der grösseren Zellgruppen, event. bei sehr starker Vermehrung noch sich anschliessend: Schicht der Zellsäulen, dabei event. Veränderung der Grundsubstanz: Auftreten von Fasern. 2) Degenerative Vergrösserung der Zellen: Schicht der blasigen Zellen, dabei in der Grundsubstanz früher oder später: Ablagerung von Kalk. 3) Zerstörung des Knorpels durch Gebilde, die den periostalen Zapfen entsprechen: Schicht der primären Markräume. Hiermit Knochenbildung und allmählicher Uebergang in den älteren Knochen.

In einem gewissen Gegensatze zu dieser enchondralen Knochenbildung steht die **periostale**, welche ich schon oben (p. 319) in ihren

Anfängen erwähnt habe und die ich jetzt des genaueren schildern will. Die innere, mehr feinfaserige und sehr zellenreiche osteogene Schicht des Periosts erzeugt durch directe Verkalkung bestimmter Theile der Grundsubstanz und Umwandlung der in diesen Theilen befindlichen Zellen in Knochenzellen (Virchow) eine Knochenformation, die sich durch zwei Dinge auszeichnet: einmal zeigt sie lauter einzelne Knochenbalken, welche grössere Lücken umschliessen, und zweitens bestehen dieselben aus geflechtartigem Knochengewebe (v. Ebner), (grobfaseriger Knochensubstanz, Kölliker) Figur 197. In jenen Lücken liegen Blutgefässe, die, von denen des Periosts



197

Querschnitt durch die Mitte der Tiba des Neugeborenen, nach Entkalkung mit salzsäurehaltiger Kochsalzlösung. Vergr. 260. Copie nach v. Ebner (14, Bd. LXXII).

abstammend, mit solchen des enchondralen Knochens in Verbindung treten, und umgeben sind von einem Gewebe, das zunächst dem unverknöchert gebliebenen Gewebe der osteogenen Schicht entstammt und entspricht, sehr bald aber den Charakter des Marks annimmt. Das geflechtartige Knochengewebe (Figur 197) entspricht durchaus der Art seiner Entstehung durch eine schnell vor sich gehende directe Verkalkung eines faserigen, zellenreichen Gewebes, es ist (v. Ebner, Kölliker) ausgezeichnet: 1) durch den Mangel gut ausgeprägter Lamellen, 2) durch

das Vorkommen grosser unregelmässiger Knochenkörperchen, 3) durch die sehr zahlreichen und zum Theil sehr starken SHARPEY'schen Fasern, die theils verkalkt, theils unverkalkt sind. Die Lücken, die primitiven HAVERS'schen Kanäle, sind demgemäss von geflechtartigem Knochengewebe ohne deutliche Lamellen umgeben (Figur 197). Bei der weiteren Entwickelung werden die Knochenbalken allmählich wieder resorbirt und es entstehen event. grössere Räume, Haversian spaces. Durch die Thätigkeit der um die Gefässe resp. deren Markhülle vorhandenen Osteoblasten bilden sich in diesen Räumen richtige HAVERS'sche Lamellen und so entsteht ein dem späteren Knochen entsprechender Bau.

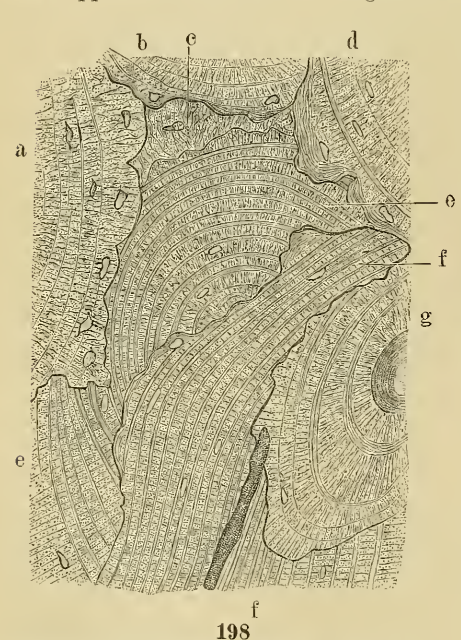
Weder das geflechtartige Knochengewebe also, noch der zunächst bei der enchondralen Ossification gebildete Knochen bleiben bestehen, sie werden resorbirt und es bildet sich durch die Thätigkeit regelmässig angeordneter Osteoblasten jene Art des Knochengewebes aus, die wir auch bei dem erwachsenen Knochen finden: das lamellöse Knochengewebe (v. EBNER), der reinlamellöse Knochen (KÖLLIKER), der an den Stellen, an welchen sich SHARPEY'sche Fasern finden (p. 310) zum lamellösen Faserknochen (KÖLLIKER) wird. Auch die so gebildeten Formationen werden freilich noch lange Zeit resorbirt, so lange, bis die definitive Form und Grösse des Knochens erreicht ist, doch ändert sich die Art der Knochensubstanz nicht mehr [1].

Der fertige Knochen vertheilt sich in Bezug auf seine Abstammung in folgender Weise: aus dem Periost entsteht im Wesentlichen die Substantia compacta mit den HAVERS'schen resp. VOLKMANN'schen Kanälen, aus dem Knorpel die Spongiosa ohne solche. Sämmtliche HAVERS'sche Lamellensysteme entstehen durch die die Gefässe umgebenden Osteoblasten in den oben angegebenen Lücken jener Periostablagerungen. Weiter bilden sich aus dem Periost die ächten interstitiellen Grundlamellen und die äusseren Grund- oder Generallamellen. Den HAVERS'schen Lamellen entsprechend ent-

[1]) Die eben besprochene „grobfaserige Knochensubstanz“ findet sich nach KÖLLIKER in den Periostbildungen des Fötus und des Neugeborenen. Im Laufe des ersten Lebensjahres hört jedoch die Ausbildung derselben auf und bildet von nun an das Periost aus einer jetzt zuerst auftretenden epithelähnlichen Osteoblastenlage, die mit einer grösseren oder geringeren Zahl von Bindegewebsbündeln untermengt ist, lamellösen Knochen mit SHARPEY'schen Fasern: lamellösen Faserknochen (KÖLLIKER Handbuch, VI. Aufl. p. 333). Hierbei bleiben dann später die VOLKMANN'schen Kanäle als Blutgefässe enthaltende Räume übrig.

stehen die inneren Generallamellen von der das Mark umgebenden Osteoblastenschicht aus. Ausser jenen ächten interstitiellen Grundlamellen kommen, wie schon öfter erwähnt, auch falsche vor: die Reste von theilweise resorbirten Havers'schen Lamellen. Zur Unterscheidung zwischen beiden dient, dass die ächten Sharpey'sche Fasern enthalten, die falschen von diesen frei sind. Alle auch noch so bedeutenden Resorptionen der Knochen werden voraussichtlich bewirkt durch die Osteoklasten (Kölliker), welche Chievitz (7, 1882, anat. Abthlg.) bei der Verknöcherung der Kehlkopfsknorpel allerdings nicht aufzufinden vermochte.

Wie eingreifend diese Resorptions- und Appositionsvorgänge wirken, erkennt man an vielen Stellen des ausgebildeten Knochens. Die Knochensubstanz erscheint da häufig wie ein Mosaik sehr unregelmässig begrenzter kleiner Stücke, welche durch die oben (p. 308) erwähnten Kittlinien mit einander verbunden sind. Jede von diesen ist, wie v. Ebner hervorhebt, gleichzeitig Resorptionslinie für ein Feld und Appositionslinie für das angrenzende. Figur 198 liefert hierfür ein Beispiel: das älteste Feld ist c, da es rings von Resorptionslinien eingeschlossen ist, das nächstjüngere ist e, welches gegen c eine Appositions-, sonst Resorptionslinien zeigt, dann folgt f mit Appositionslinie gegen e, mit Resorptionslinien gegen d und g, als jüngste Felder erscheinen a, b, d, g, deren relatives Alter nicht bestimmt werden kann, da ihre in die Zeichnung fallenden Grenzen sämmtlich Appositionslinien sind. Dass es sich wirklich um Appositions- und Resorptionslinien handelt, geht, wie v. Ebner gezeigt hat, am klarsten aus dem Verhalten der Knochenhöhlen hervor: an der Appositionsseite der Kittlinie sind



198

Lamellen und Kittlinien. Stück eines Querschliffs vom dritten Mittelhandknochen eines Erwachsenen. Nach einem mit hartem durch Erhitzen flüssig gemachtem Canadabalsam infiltrirtem Präparate. Vergr. 280. Copie nach v. Ebner (14, Bd. LXXII). Wegen der Buchstaben s. Text

die Knochenhöhlen mit ihren Ausläufern stets völlig entwickelt, an der Resorptionsseite dagegen erscheinen sie häufig wie abgeschnitten, so dass verschieden grosse Stücke von ihnen einfach fehlen.

Während bei den bisher beschriebenen Vorgängen der Knorpel bei der Knochenbildung völlig unterging und ersetzt wurde durch ein von der osteogenen Schicht des Periosts stammendes Gewebe, es sich also um neoplastische Knochenentwickelung handelte (vergl. p. 318), findet man an manchen Skelettheilen, beim Menschen z. B. an manchen Theilen des Unterkiefers, auch den Fall, dass die Knorpelgrundsubstanz direct durch Verkalkung zu Knochengrundsubstanz und die Knorpelzellen zu sternförmigen Knochenzellen umgewandelt werden, ein einfacherer Process, der als metaplastische Knochenentwickelung bezeichnet wird.

b) Knochenentwickelung bei nicht knorpelig vorgebildeten Knochen.

Es giebt eine Anzahl Knochen, welche, ohne knorpelig irgendwie vorgebildet zu sein, aus einem weichen, bindegewebigen, osteogenen Gewebe mit Zellen und Fasern, ähnlich der osteogenen Schicht des Periosts, sich entwickeln. Dieses Gewebe liegt als eine mit fortschreitender Knochenbildung mehr und mehr sich entwickelnde Schicht häutigen oder knorpeligen Bildungen, Theilen des Primordialcraniums, aussen auf und ebenso demgemäss auch der in ihm sich bildende Knochen. Von diesem eigenthümlichen Verhalten her stammen die Namen: Deckknochen, Belegknochen, secundäre Knochen. Auf diese Weise bilden sich: die Knochen des Schädeldaches und der Seitentheile desselben und die Gesichtsknochen.

Der Vorgang der Knochenbildung entspricht wie das Gewebe durchaus der periostalen Ossification. Es tritt eine directe Verkalkung der faserigen Grundsubstanz in Gestalt von netzförmig verbundenen Knochenbalken ein, die Zellen werden sternförmig und zu Knochenzellen. In den Maschen des Netzwerks liegen wieder Blutgefässe mit Mark, Osteoblasten, Osteoklasten, die sich aus dem Grundgewebe hervorbilden. Von dem zuerst entstandenen Verknöcherungspunkte, dem Knochenkerne (z. B. Tuber parietale, Tuber frontale) aus wächst der Knochen, radiär sich ausbreitend, nach allen Seiten, dem wachsenden osteogenen Gewebe folgend. Sehr bald sondern sich auf beiden Flächen je eine periostale Schicht, die das Dickenwachsthum veranlassen. Auch hier spielt die Resorption der grobfaserig angelegten Knochen eine Rolle. Es bilden sich weiterhin durch die Thätigkeit der Osteoblasten Lamellensysteme

und HAVERS'sche Kanäle, ferner grössere spongiöse Räume. Da, abgesehen von der Grösse, die ganze Form und Krümmung der Knochen im Laufe der Entwickelung eine andere wird, so ist hieraus schon die umfassende resorbirende Thätigkeit der Osteoklasten zu erschliessen.

An manchen Stellen kann sich aus dem Gewebe, in welchem die Deckknochen entstehen, auch Knorpel bilden (z. B. Unterkieferkopf).

c) **Wachsthum des Knochens.**

Wie schon aus der Beschreibung der Knochenentwickelung hervorgeht, ist dasselbe zunächst ein appositionelles, d. h. bedingt durch immer neue Auflagerung und Anbildung von Seiten der Osteoblasten, verbunden mit der nöthigen Resorption durch die Osteoklasten. Ausserdem findet aber, wenigstens zeitweise, auch noch ein interstitielles Wachsthum statt, d. h. eine Vermehrung der zwischen den Knochenzellen vorhandenen Grundsubstanz ohne Vermehrung der Knochenzellen selbst.

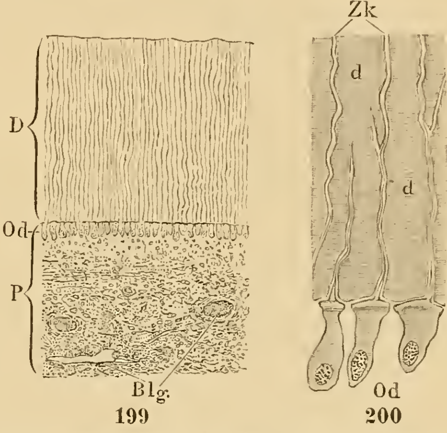
d) **Regeneration des Knochens.**

Es ist oben davon die Rede gewesen, dass die Regeneration des Knochens abhängig sei von der Erhaltung des Periosts resp. dessen osteogener Schicht (p. 311) und auch von der Fähigkeit des Marks Knochen zu bilden (p. 314). Wie BONOME (8, C) nachgewiesen hat, sind nach gründlicher Entfernung des Periosts und des Marks auch die Knochenzellen selbst im Stande, sich wieder nach Auflösung ihrer Grundsubstanz in Osteoblasten umzuwandeln und neuen Knochen zu erzeugen. Während das entfernte Periost sich nicht wieder neu bildet, erlangen die Knochenzellen die eben erwähnte Eigenschaft an solchen Stellen, an denen sich aus der Umgebung schnell gefässhaltiges Bindegewebe mit der Knochenoberfläche in Verbindung setzt und so die Ernährung wieder herstellt. An den anderen Stellen gehen die Knochenzellen und mit ihnen die Knochen zu Grunde. Wenn also auch die Knochenneubildung von dem besonders dafür eingerichteten und mit den Ernährungsquellen versehenen Periost aus immer die wichtigste und mächtigste bleiben wird, kommen doch die Knochenzellen mit in Rechnung, so auch an den Bruchstellen der Knochen, bei denen übrigens nach BONOME die nächst angrenzenden Schichten untergehen.

Die Betheiligung des Marks an der Knochenneubildung bei Brüchen, (der Callusbildung), ist noch nicht ganz klar: Soweit in der Markhöhle noch Osteoblasten vorhanden sind, werden diese natürlich mitwirken, ev. werden sich Osteoblasten aus den innersten Knochenlamellen neu zu bilden vermögen. Ob das sonst vorhandene Mark in der Lage ist, Osteoblasten neu zu bilden, ist noch nicht sicher nachgewiesen.

Das Zahnbein.

Als eine besondere Unterabtheilung des Knochengewebes habe ich schon mehrfach das Zahnbein erwähnt, dessen Bau ich hier in seinen Hapttheilen kurz skizziren will, während das Nähere darüber bei den „Zähnen“ (Verdauungsorgane) nachzusehen ist. Die Grundlage des Zahnes bildet ein gefässreiches, feinfaseriges, zellenreiches Bindegewebe, das sich in Form einer Papille erhebt. An der Oberfläche derselben liegt eine Schicht von ungefähr cylindrischen, eng an einander gelagerten bindegewebigen Zellen, den Odontoblasten (Waldeyer) (Figuren 199 und 200, Od.), welche die Membrana eboris bilden. Diese Zellen entsprechen den Osteoblasten und scheiden, in diesem Falle einseitig, nach aussen hin eine Intercellularsubstanz ab, den Zahnknorpel, in der sich einander kreuzende Fibrillenbündel bilden und Kalksalze in etwas anderer Zusammensetzung wie beim gewöhnlichen Knochen ablagern. So entsteht das Zahnbein, Elfenbein, Dentin (vergl. die Figuren: D resp. d), welches die allmählich weiter vorwachsende Papille umkleidet, die dann als Zahnpulpa (P) bezeichnet wird. Bei der Dentinbildung wird nun, und das ist abweichend von der Knochenbildung, der Odontoblast nicht allmählich ringsum von der Grundsubstanz umschlossen, sondern er bleibt in seinem Pulpatheile und soweit er den Kern trägt, frei und verlängert sich nur an seinem distalen Ende in einen langen, feinen Fortsatz, die Zahnfaser, welche vielfach sich verästelt und mit denen benachbarter Zellen Verbindungen eingeht. Nur im Bereiche der Zahnfaser findet also bis zu der Basis derselben hin Abscheidung von der specifischen Intercellularsubstanz, die das Dentin bildet, statt,



199

Stück eines Querschnitts durch einen entkalkten Kalbszahn. Vergr. 75. Blg = Blutgefässe; D = Dentin mit Zahnkanälchen; P = Pulpa mit der Reihe der Odontoblasten (Od).

200

Aus dem Querschnitte eines Kalbszahns, Odontoblasten und Zahnkanälchen. d, d = Dentin mit Zahnfasern, die in den Zahnkanälchen (Zk) liegen. Vergr. 460.

und ebenso wie dieselbe allmählich an Länge zunimmt, verdickt sich die Dentinschicht. Die Zahnfasern liegen naturgemäss in Kanälchen des Dentins, den Zahnkanälchen oder Dentinkanälchen (Figur 200). Dieselben sind zu innerst wieder (wie die Knochenhöhlen) ausgekleidet von einer sehr widerstandsfähigen durch Säuren isolirbaren Haut, den NEUMANN'schen Zahnscheiden. Bei der Resorption der Milchzähne hat KÖLLIKER auch Osteoklasten an Cement wie Dentin nachgewiesen. Die Aehnlichkeit aller dieser Bildungen mit den entsprechenden des Knochens tritt ohne weiteres hervor, der prinzipielle Aufbau ist derselbe, nur handelt es sich um die Modification einer einseitigen Absonderung im Gegensatze zu der allseitigen des Knochens. Gemäss dieser principiellen Gleichheit finden sich denn auch bei niederen Wirbelthieren mannigfache Uebergänge und Mischformen.

Technische Bemerkungen.

I. Bindegewebe.

1) Embryonales Bindegewebe. a) Nabelstrang eines jungen Fötus, Müller'sche Flüssigkeit, Auswässern, Zerzupfen, ungefärbt in Wasser oder Färbung mit Hämatoxylin oder Alauncarmin, in Wasser oder Glycerin. b) Froschlarvenschwanz, Fixirung in Osmium 1 % oder Chromosmiumessigsäure, Auswaschen, Zerzupfen oder Schneiden, ungefärbt oder mit Hämatoxylin (DELAFIELD), in Wasser oder Glycerin.

2) Reticuläres Bindegewebe. Lymphdrüse von Kalb oder sonst einem jungen Thier, Härtung in Müller'scher Flüssigkeit, Auswaschen, steigender Alkohol. Die Schnitte auf dem Objectträger auspinseln oder im Reagensglase mit wenig Wasser ausschütteln. Färbung mit Alauncarmin oder Hämatoxylin; Wasser, Glycerin oder Balsam.

3) Fibrilläres Bindegewebe. a) Kleines Stückchen intermusculären Bindegewebes (sehr gut von Kalb) oder aus der Orbita (ebenfalls Kalb), frisch, gut ausgebreitet (halb trocken ausbreiten) in Jodserum, oder in Dahlia-Jodserum (Färbung der Kerne). b) Dasselbe in Dahlia-Jodserum mit nachträglichem Zusatz von schwacher Essigsäure: deutliches Vortreten der gefärbten Kerne und der elastischen Fasern. c) Dasselbe in Wasser, Zusatz von ganz schwacher Essigsäure: Quellung der Bindegewebsfibrillenbündel, umspinnende Zellen, Kerne, elastische Fasern. d) Speciell für die umspinnenden Zellen sehr günstig ist die Opticusscheide eines grösseren Thieres. Man schneide dieselbe auf und betrachte die innere Fläche, ev. nach leichtem Zerzupfen in Wasser, dann Zusatz von ganz schwacher Essigsäure an den Rand des Deckglases. e) Intermusculäres Bindegewebe in Wasser, Zusatz ganz verdünnter Kalilauge: Glasigwerden

der Bindegewebsbündel, Zerstörung der Zellen und Kerne, Vortreten der elastischen Fasern.

4) Endothel. a) Netz eines Hundes oder einer Katze (erwachsen), MÜLLER'sche Flüssigkeit, Auswaschen, Alkohol 70%. Ein Stückchen davon färben mit Alauncarmin oder Lithioncarmin oder Hämatoxylin, sorgfältig ausbreiten in Wasser oder Glycerin (vergl. Figur 154): Endothelzellen von der Kante gesehen, mitunter mehr oder weniger weit abgehoben, aufsitzend den Balken fibrillären Bindegewebes. b) Mesenterium von Frosch oder einem andern kleinen Thier (Maus, Ratte). Ein Stückchen desselben auf dem Objectträger frisch mit Höllensteinlösung (0,1 bis 0,25%) übergossen, sobald es weisslich wird (nach 1 Min. oder weniger) mit Wasser abspülen, Ansehen und Aufheben in Glycerin oder Balsam. c) Dasselbe kann man auch über einen Kork oder Korkring ausspannen und dann mit der Höllensteinlösung behandeln oder noch besser in die Silber-Osmiummischung von BOVERI bringen (Silbernitrat und Ueberosmiumsäure in einprocentigen Lösungen zu gleichen Theilen gemischt), aufheben wie in b.

5) Mastzellen. Netz einer Ratte, am besten nach ORTH: in eine Lösung von Gentiana in Anilinwasser bringe man ein Stückchen des Netzes, erwärme vorsichtig über einer Flamme bis Dämpfe aufzusteigen beginnen und lasse dann noch einige Zeit (bis ein Paar Stunden) ruhig stehen, oder auch nicht erwärmen, aber 24 Stunden stehen lassen. Abspülen in Wasser, auswaschen in salzsaurem Alkohol bis die Präparate sich fast ganz entfärbt haben, abspülen in Wasser: nur die Mastzellenkörner sind dunkelblau gefärbt, alles Andere farblos. Dann bringe man das Präparat in Lithioncarmin (wenige Minuten) oder Pikrolithioncarmin (10 Min.) und wasche es direct in salzsaurem Alkohol aus, dann durch absoluten Alkohol, Oel, in Balsam: alle Kerne roth, Mastzellenkörner dunkel oder heller blau. Ein anderes günstiges Object ist die Hundezunge: Schleimhaut, Submucosa, intermusculäres Gewebe (ORTH).

6) Pigmentzellen. a) Kleines Stückchen der Chorioidea oder der Suprachorioidea eines frischen oder in MÜLLER'scher Flüssigkeit oder schwachem Alkohol gehärteten Auges ausbreiten in physiologischer Kochsalzlösung, Wasser oder Glycerin. b) Schwimmhaut eines lebenden curarisirten Frosches oder Schwanz einer lebenden Froschlarve: ausgedehnte und contrahirte Pigmentzellen. c) Lebende Froschlarven werden kurze Zeit im Dunkeln gehalten und im Dunkeln in absoluten Alkohol geworfen: die Pigmentzellen sind im ausgebreiteten Zustande abgestorben, aufheben von kleinen Stückchen des Schwanzes in Balsam, ev. vorher Färbung mit einem Kernfärbemittel.

7) Geformtes Bindegewebe. a) Man spanne auf einer Korkplatte ein Stückchen menschlicher Haut zum Trocknen auf, mache mit dem Scalpel Querschnitte, bringe diese in Wasser unter das Mikroskop, dann Zusatz von verdünnter Essigsäure oder verdünnter Kalilauge, ev. beides abwechselnd, um zu zeigen, das die Bindegewebsbündel durch die Kalilauge zunächst nicht zerstört werden, sondern nur quellen, und um die elastischen Fasern zu sehen. b) Schnitt durch in MÜLLER'scher Flüssigkeit oder Alkohol gehärtete menschliche Haut, Färbung mit Hämatoxylin oder Alauncarmin oder noch besser mit Carmin-Indigcarmin nach NORRIS und SHAK-

SPEARE. c) Schnitt durch eine in MÜLLER'scher Flüssigkeit oder Alkohol gehärtete Cornea, Färbung wie in b. Oder auch Vergoldung einer frischen Cornea (Kaninchen), dann Schnitte. d) Ein Stück frischer Sehne wird in MÜLLER'scher Flüssigkeit, Alkohol gehärtet, dann Längs- und Querschnitte, Färbung mit einem Kernfärbemittel. e) Ein Stück frischer Sehne wird in MÜLLER'scher Flüssigkeit wenige Tage gelassen, dann in Wasser zerzupft: Fibrillen, Zellen. Ev. vorher Färbung. Sehr günstig hierfür sind Kalbssehnen und die Schwanzsehnen von Ratten und Mäusen, welche man nach Abziehen der Haut so gewinnt, dass man den jedesmal letzten Wirbel abbricht und mit den Sehnen abzieht. f) Einlegen von Schwanzsehnen von Ratte oder Maus in GRENACHER'S Alauncarmin für beliebige Zeit (DOGIEL). Die Fibrillen werden hell, glasig, die Zellen treten beim Zerzupfen oder Ausbreiten schön hervor. g) Die sehr feinen elastischen Fasern der Sehnen sieht man an frischen Zerzupfungspräparaten nach Zusatz von verdünnter Kalilauge.

8) Saftbahnen. a) Man lege kleine Stückchen von frischer Kalbssehne oder Ratten- resp. Mäuseschwanzsehne, Centrum tendinum einer Ratte, Maus, eines Kaninchens in eine $^1/_4$procentige Lösung von Arg. nitricum, dann Abspülen mit Wasser, Ansehen in Glycerin oder Balsam. b) Cornea: Man enucleire ein Froschauge, halte die Cornea über ein mit kochendem Wasser gefülltes Reagensglas; das Epithel trübt sich sofort, dann Abpinseln dieses mittels eines in Jodserum oder physiologische Kochsalzlösung getauchten Pinsels, Einlegen des Auges in $^1/_4$procentige Lösung von Arg. nitricum, nach ganz kurzer Zeit Abwaschen in Aq. dest., Abschneiden der Cornea. Dieselbe wird radiär eingeschnitten, um sie ausbreiten zu können, Ansehen in Glycerin oder Balsam. c) Solche Silberpräparate kann man auch noch mit Hämatoxylin färben, um die Zellen resp. deren Kern darzustellen.

9) Blutgefässe der Sehnen studirt man an Längs- und Querschnitten von Sehnen injicirter Extremitäten.

10) Lymphbahnen der Sehnen untersucht man nach Einstichinjectionen mit Berlinerblau oder Arg. nitricum, im letzteren Falle tritt das Endothel der Lymphgefässe sehr deutlich hervor.

11) Nerven der Sehnen. a) Nach verdünnter Essigsäure, b) nach Goldbehandlung. Nach letzterer Methode treten die feinsten Endigungen gut hervor. c) ev. nach Methylenblauinjection des lebenden Thiers (Frosch) oder Einlegen der überlebenden Gewebe im Methylenblau (Warmblüter). Hierüber habe ich keine eigenen Erfahrungen.

12) Chondroides Bindegewebe wie Sehne an den im Text angegebenen Orten.

13) Elastisches Gewebe. Netze feinerer oder gröberer elastischer Fasern sind schon bei den bisher angeführten Bindegewebspräparaten nach Behandlung mit Essigsäure oder Kalilauge überall sichtbar gewesen. Sehr starke elastische Fasern mit nur sehr geringer Beimengung von Bindegewebe giebt das Lig. nuchae des Rindes: a) Zerzupfen eines frischen Stückchens in Kochsalzlösung, Jodserum, Dahlia-Jodserum, ev. in Wasser mit Zusatz von Essigsäure oder verdünnter Kalilauge: elastische Fasern unverändert. b) Ein in Alkohol gehärtetes Stück dient zu Quer- und Längs-

schnitten und zu Zerzupfungspräparaten, Färbung mit Alauncarmin, aufheben in Glycerin. Ein getrocknetes Stück erlaubt an den Schnitten Reactionen mit Essigsäure und Kalilauge vorzunehmen. c) Färbung der elastischen Fasern eines Schnittes aus einem Organ vermittelst der in Bd. I angegebenen Färbungsmittel. d) Aus der menschlichen Aorta vermag man ausserordentlich verschiedene Bilder von elastischen Fasern zu erhalten (vergl. die Figuren 171, 172, 173). Man lege dazu ein Stückchen Aorta in verdünnte Kalilauge und zerzupfe, sehe an in Wasser. Oder lege auch kleine Stückchen in 33procentige Kalilauge für kurze Zeit ($^1/_4$ bis eine Stunde), zerlege dann die Stückchen in einzelne Schichten und lasse diese bis zum anderen Tage in Wasser liegen. Dann Zerzupfen und Ansehen in Wasser. Aufheben in Wasser oder verdünntem Glycerin.

14) Elastische Membranen (gefensterte Membranen). a) Die Arteria basilaris und ihre grösseren Aeste (z. B. vom Kalbe) werden in eine Mischung von gleichen Theilen concentrirter wässeriger Zuckerlösung und 3procentiger Essigsäure eingelegt für mehrere Tage, dann Zerzupfen in Wasser oder Glycerin (vergl. Figur 175). b) Kleine Stückchen der Aorta werden wie in Nr. 13 angegeben behandelt (vergl. Figur. 174).

15) Fettgewebe. a) Frisches Fettgewebe aus dem Fettkörper eines Frosches oder ein Stückchen fetthaltigen Bindegewebes des Menschen oder eines Säugethiers zerzupfen in Kochsalzlösung oder Jodserum. b) Fettentwickelung, Fetttträubchen. Ein Stückchen von dem Netz eines Hundes oder einer Katze in den ersten Tagen nach der Geburt, oder eines sonstigen Embryo, frisch wie oben, oder nach Fixirung in 0,5procentiger Ueberosmiumsäurelösung und Färbung mit Alauncarmin in Glycerin oder Xylol-Dammar. Primitiv-Organe der Fettläppchen von denselben Thieren gleich nach der Geburt. Eventuell Injection der Blutgefässe, um die Vertheilung hier zu sehen. c) Stückchen von atrophischem Fettgewebe aus dem Panniculus adiposus einer stark abgemagerten menschlichen Leiche oder aus dem Knochenmark einer solchen, oder aus dem Fettkörper eines stark abgemagerten Frosches in Kochsalzlösung, in Jodserum oder Wasser frisch zerzupfen. d) Lagerung der Fettzellen und Verhältniss zu den Blutgefässen auf einem Querschnitt der injicirten und gehärteten menschlichen Haut mit Panniculus adiposus, Kernfärbung, aufheben in Balsam. Man sieht hierbei zugleich die Membranen der Fettzellen, da das Fett durch die Behandlung gelöst wird. e) Um leere Membranen von Fettzellen zu sehen, koche man ein Stückchen Fettgewebe erst etwa 5 bis 10 Minuten in absol. Alkohol, dann etwa ebenso lange in Aether, wobei man die aufsteigenden Dämpfe wegblasen muss, damit sie sich nicht entzünden. Untersuchung in Wasser (Orth). Weniger gefährlich ist es, wenn man das Kochen in vorher heiss gemachtem Wasser vornimmt.

II. Knorpelgewebe.

1) Hyaliner Knorpel. a) Frisches Knorpelgewebe. Schnitte von dem frisch exarticulirten Oberschenkelkopf eines Frosches in Jodserum, oder ein Stückchen der Kiemen einer Frosch- oder Salamanderlarve in Wasser. Schnitte von dem frischen Rippenknorpel oder Kehlkopfsknorpel eines Kindes oder eines jungen Säugethiers; wie oben. Zu den Schnitten

ev. Zusatz einer schwachen Jodjodkaliumlösung: Braunfärbung der Knorpelzellen: Glykogenreaction. b) Schnitte von gehärtetem Knorpel (Gelenk- oder Kehlkopfsknorpel) nach Härtung in Alkohol, Färbung mit Hämatoxylin, Kernfärbung und mehr oder weniger Färbung der Grundsubstanz. c) Zur Darstellung der Chondrinballen nehme man in Alkohol gehärtete Stücke von Kehlkopfsknorpeln des Erwachsenen und färbe die Schnitte mit Tropäolin-Methylviolett nach Mörner (man sehe deshalb auch Wolters 1, XXXVII): man bringe die Knorpelschnitte in eine concentrirte wässerige Lösung von Tropäolin 000 Nr. 2 von Schuchardt, nach einer halben bis einer Stunde wasche man in Wasser aus bis das Balkennetz allein in orangegelber Farbe hervortritt, dann übertrage man die Schnitte für einige Secunden in eine Methylviolettlösung von 0,15°/₀ und dann für einige Minuten in 10procentige Essigsäure, dann Alkohol, Oel, Balsam. d) Fibrillen der Grundsubstanz. Man lege frischen, hyalinen Gelenkknorpel für 3 bis 7 Tage in eine mitteldunkelviolett gefärbte Lösung von Kali hypermanganicum, die täglich 4 bis 6 Mal gewechselt wird, dann in Wasser ordentlich auswaschen. Eine 10procentige Kochsalzlösung wirkt weniger gut (Tillmanns 1, X p. 434 ff.); oder in Barytwasser (¹/₄ Stunde und länger) oder Kalkwasser (Baber 60, X p. 113 bis 126). Noch besser wirkt eine Verdauung in neutraler oder alkalischer Trypsinlösung, welche die collagenen Fibrillen nicht löst (vergl. Bd. I p. 260) für 20 Stunden bis 3 oder 4 Tage, je nach der Stärke der Lösung, dann Abwaschen und Ansehen in Aq. dest., ev. leichter Druck auf das Deckglas. Sehr gut wirkt nach der Verdauung noch ein Einlegen in 10procentige Kochsalzlösung für 1 bis 6 Tage. Eine mit Carmin, Hämatoxylin, Pikrocarmin mögliche Färbung ist nicht sehr zu empfehlen (Tillmanns 7, 1877, p. 13 ff.). e) Saftbahnen. Die eigenthümlichen Differenzirungen, welche am Knorpel vielleicht als Saftbahnen gedeutet werden können, werden am leichtesten durch wasserentziehende Substanzen sichtbar gemacht: 1) Man lege Stücke von Gelenkknorpel für 3 bis 4 Tage in Alkohol, schneide und untersuche in Alkohol (Spina 14, LXXX). 2) Dünne Schnitte von frischem Gelenkknorpel kommen in ein Schälchen mit Aether, sind die Schnitte nach Abdunsten dieses eben noch feucht, so übertrage man sie auf einen trocknen Objectträger, wobei der Aether völlig verdunstet, und schliesse mit Collodium ein (Budge 1, XVI). Solche Präparate sind natürlich nur so lange brauchbar, bis das Collodium eingetrocknet ist. 3) Man lasse zu dem frischen auf dem Objectträger unter dem Mikroskop befindlichen Schnitte (am besten solche, in denen die Zellen nicht zu dicht stehen) eine Mischung von 2 Th. concentrirter Chromsäurelösung und 1 Th. Wasser zufliessen. Es treten die Saftbahnen hervor, dann tritt Zerstörung des Knorpels ein. Wünscht man die Bilder zu erhalten, so bringe man das Präparat, bevor die Zerstörung die Mitte erreicht hat, in eine Schale mit Wasser, hebe das Deckglas ab, pinsele die Schnitte noch in einer anderen Schale mit Wasser ab, um die zerstörten Schichten völlig zu entfernen, untersuche in Lösung von Kali aceticum (Budge 1, XVI). 4) Sehr zu empfehlen ist die Fixirungsmethode von Spronck (16, II, p. 263), welche die durch Alkohol hervortretenden Bilder dauernd, auch in Wasser oder Glycerin, sichtbar macht: Man lege die Schnitte aus Alkohol in die folgende Flüssigkeit: Wässerige

Chromsäurelösung (2 $^0/_0$) 5 cc, Glycerin 5 cc, Alkoh. absol. 30 cc, und lasse sie in derselben einen oder mehrere Tage. Die Flüssigkeit muss jedesmal frisch zubereitet werden. Der eintretende grüne Niederschlag schadet dem Präparate nichts, da er sich abspülen lässt. Sitzen die Knorpel am Knochen fest oder sind sie selbst verkalkt, so fixire und entkalke man zuerst in Alkohol absol., der bis 5 $^0/_0$ reiner Salpetersäure enthält und wasche dann die Säure in Alkohol absol. wieder aus. 5) Eine sehr schöne Färbung der Alkoholbilder erhält man unter Umständen (s. oben Text), wenn man, nach Wolters (1, XXXVII), die Alkoholschnitte für 24 Stunden oder mehrere Tage in Wasser bringt, dem ganz wenig Hämotoxylin (Delafield) zugesetzt ist (ganz hellviolette Färbung), dann für einige Minuten in eine concentrirte Lösung von Pikrinsäure in absolutem Alkohol, dann Origanumöl, Balsam (vergl. Figur 180). Auch nach Spronck entkalkte Präparate lassen sich so färben. f) Auffaserung des Knorpels. Schnitte von einem frischen oder kurz in Alkohol gehärteten Rippenknorpel eines Menschen in mittlerem Alter, oder von einem Kehlkopfsknorpels eines Erwachsenen ungefärbt oder mit Kernfärbung in Glycerin. Mit Tropäolin-Methylviolett (s. c) in Balsam. Ev. finden sich auch Kalkeinlagerungen, namentlich in höherem Alter (in Kehlkopfsknorpel schon früh).

2) Elastischer Knorpel. Sehr starke elastische Netze zeigt der Ohrknorpel des Pferdes, ferner die Epiglottis. Ein sehr günstiges Object, um den Uebergang von hyalinem in elastischen Knorpel zu sehen, ist die Cart. arytaenoidea des Kalbes, wenn man den Schnitt der Länge nach durch ihre Spitze führt. Schnitte von diesen in Alkohol gehärteten Objecten werden mit Alauncarmin oder einer der Methoden zur Darstellung der elastischen Fasern gefärbt (s. Bd. 1). Hämatoxylin ist nicht praktisch anzuwenden, da dasselbe die hyaline Grundsubstanz intensiv färbt, während die elastischen Fasern hell bleiben, so entsteht gewissermaassen ein negatives Bild. Hat man die elastischen Fasern nicht specifisch gefärbt, so hebe man in Glycerin auf.

3) Bindegewebsknorpel. Schnitte aus der Mitte eines gehärteten Lig. intervertebrale eines jungen Menschen oder Thiers.

III. Knochengewebe.

1) Uebersichtsbilder. Quer- und Längsschliffe von macerirten Knochen (zu ersten Uebersichtsbildern sind Röhrenknochen sehr geeignet) trocken aufbewahrt oder in hartem Balsam.

2) Schnitte durch entkalkten Knochen: Lamellen etc. Um Schnitte von einem macerirten Knochen anzufertigen, entkalke man denselben entweder einfach in 5procentiger Salz- oder Salpetersäure, wasche gründlich aus, härte in Alkohol, oder, wenn man die bei dieser Behandlung auftretende Quellung der fibrillären Grundsubstanz vermeiden will, wende man die v. Ebner'sche Methode an (14, Bd. 72 III, p. 58 ff.): man lege den Knochen in eine 10- bis 15procentige Kochsalzlösung, die 1 bis 3 $^0/_0$ Salzsäure enthält. Um nach dem Entkalken ein neutrales Präparat zu bekommen, wird einige Stunden in fliessendem Wasser ausgewaschen, dann kommt der Knochen in zur Hälfte verdünnte kalt gesättigte Kochsalzlösung. Dieselbe nimmt bald saure Reaction an, die durch Zusatz von sehr ver-

dünntem Ammoniak neutralisirt wird. Man lasse den Knochen längere Zeit in der Salzlösung, indem man täglich die Reaction der gut umgeschüttelten Flüssigkeit prüft und so lange es nöthig ist, von Neuem mit Ammoniak neutralisirt. Zur mikroskopischen Untersuchung kann man ausser zu mikro-chemischen Reactionen auch entkalkte Knochen benutzen, die nicht ganz neutral sind, wenn man 10procentige Kochsalzlösung als Zusatzflüssigkeit benutzt. Die v. Ebner'sche Methode liefert sehr schöne Präparate (Lamellen, fibrilläre Structur).

3) Knochen mit Weichtheilen. Ein Röhrenknochen eines frisch getödteten noch jungen Thiers (Hund, Kaninchen, Katze) wird der Quere nach ein oder mehrmals durchsägt und in Müller'scher Flüssigkeit, dann Alkohol gehärtet, dann in 5procentiger Salzsäure entkalkt, gründlich ausgewaschen, in Alkohol gehärtet, in Celloidin eingebettet, die Schnitte, welche sämmtliche Weichtheile enthalten, werden mit Lithioncarmin-Pikrinsäure oder Hämatoxylin-Pikrinsäure gefärbt: Periost, Mark, Osteoblasten, Osteoklasten. Ev. noch zuerst Gefässinjection des Thieres.

4) Häutige Knochenkörperchen, Auskleidung der Havers'schen Kanäle etc. Man lege kleine Stückchen oder Plättchen eines trockenen macerirten Knochens in concentrirte oder nur wenig verdünnte Salpetersäure, der man etwas Glycerin zugesetzt hat. Nach mehreren bis 24 Stunden oder, wenn man mehr Glycerin genommen hat, nach wenigen Tagen, sind die häutigen Knochenkörperchen und die Membran der Havers'schen Kanälchen isolirt. Ansehen in Wasser oder verdünntem Glycerin.

5) Isolirte Lamellen, Fibrillen. Langes Erweichen des Knochenknorpels in Wasser: die Lamellensysteme der Havers'schen Kanälchen trennen sich mehr oder minder vollständig und kommen in Gestalt grober kurzer Fasern zwischen den grösseren Lamellen zum Vorschein: Gagliardi's Claviculi (Kölliker). Um isolirte Lamellen und Fibrillen zu sehen, entkalke man einen macerirten Knochen nach v. Ebner (s. oben Nr. 2) und schabe über eine frische parallel zur Oberfläche angebrachte Schnittfläche mit einem bauchigen Skalpel, untersuche in Wasser nach Vertheilung mit Nadeln (v. Ebner).

6) Sharpey'sche Fasern. a) Ein fertiger trockener Querschliff von der Diaphyse eines Röhrenknochens wird auf 2 bis 5 Min. in Terpentinöl gelegt, dann in Dammarlack aufgehoben. Die Fasern treten hier schon bei schwachen Vergrösserungen deutlich hervor (Stöhr). b) Feine Knochenschliffe glühe man in einem Platintiegel, die Fasern erscheinen dann als dunkle, lufthaltige Röhrchen.

7) Knochenbildung. a) Man säge von einem frischen Knochen eines Embryo (z. B. Rind) oder eines jungen wachsenden Thieres (Kalb, junger Hund etc.) das die Epiphysengrenze enthaltende Ende ab, härte in Müller'scher Flüssigkeit, entkalke mit Salzsäure, dann Härtung in Alkohol, Celloidineinbettung. Die durch die Ossificationszone senkrecht zu derselben gelegten feinen Schnitte färbe man mit Hämatoxylin-Pikrinsäure: schöne Farbendifferenzirung der Ossificationszone und der Knorpelreste im Knochen. Aufheben in Balsam. b) Die Diaphyse eines solchen Knochens behandle man ebenso, um die periostale Knochenbildung an einem der Mitte des

Knochens entnommenen Querschnitte kennen zu lernen. c) Zum Studium des Bindegewebsknochens härte und entkalke man Scheitel- oder Stirnbeine, sonst ebenso, Flächenschnitte.

8) Junge Knochensubstanz unterscheidet sich an einem aus macerirtem Knochen angefertigten Schliffe dadurch von der älteren, dass sie sich mit bestimmten Anilinfarben intensiver färbt als diese. So wandte v. EBNER eine sehr verdünnte Fuchsinlösung an, MATSCHINSKY (16, V, p. 325 ff.) empfiehlt zu diesem Zweck gesättigte wässerige Lösungen von Eosin und Saffranin. Man lege die noch nicht ganz dünnen Schliffe für 48 Stunden ein, trockne und schleife weiter, hebe in Luft oder schnell trocknendem Canadabalsam auf.

9) Knochenmark. a) Frisch. Man untersuche kleine Mengen rothen Markes in der aus demselben oder einem anderen frischen Knochen desselben Thiers durch Pressen mit dem Schraubstock gewonnenen Flüssigkeit, ev. in Jodserum oder Kochsalzlösung, in letzteren beiden auch das Fettmark. Auch die durch das Pressen eines solchen Knochens, z. B. Wirbel, gewonnene Flüssigkeit enthält schon eine Menge der Markbestandtheile: Riesenzellen, Markzellen, rothe Blutkörperchen, kernhaltige rothe Blutkörperchen. Zu dieser Flüssigkeit setzt man am besten nichts hinzu. b) Um die vorhandenen Mitosen zu sehen, fixire man das in kleinen Stückchen eines zersägten ganz frischen Knochens (Kaninchen) enthaltene oder aus demselben nach Zertrümmern in einem Schraubstocke entnommene oder mittels einer gut schneidenden Zange von dem Knochen befreite Mark in Chromosmiumessigsäure, färbe in Carbolfuchsin von ZIEL-NEELSEN:

Fuchsin	1 g
Alkohol	10 „
Acid. carbol. conc.	5 „
Aq. dest.	100 „

dann Ausziehen in Alkohol, Oel, Lack. Man erkennt so die vorhandenen Mitosen sehr leicht, wenn auch die Färbung der Chromosomen etwas dick ist; oder man färbe in Vesuvin, dann Alkohol, Oel, Balsam.

NEUNTES CAPITEL.

Chemie der Bindegewebsgruppe.

Die Gewebe dieser Gruppe enthalten, wie das vorige Capitel lehrt, nicht nur im embryonalen, sondern auch im entwickelten Zustand lebende und der Fortpflanzung fähige Zellen. Demgemäss sind auch die primären Bestandtheile der Zellen in den Organen, welche der Bindegewebsgruppe zugehören, stets vorhanden; ihre Menge freilich ist meist eine geringe, weil die zelligen Elemente hinter der Masse der intercellulären Bestandtheile sehr zurücktreten.

Wie in allen übrigen Geweben, so sind auch in dieser Gruppe neben den primären noch secundäre Bestandtheile da und letztere ziehen besonders die Aufmerksamkeit auf sich, weil sie die Eigenart des Gewebes bedingen. Solche sind z. B. das Collagen, das Elastin, die Mucine und andere. In dem Auftreten dieser secundären Stoffe ist aber ein Unterschied gegenüber dem Muskel- und Nervengewebe erkennbar. In dem erwachsenen Muskel- und Nervenelement erscheinen die secundären Stoffe der Form nach als Theile der ganzen umgewandelten Zelle, in der Bindegewebsgruppe bleibt fast stets die Zelle in ihrem ursprünglichen Zustand erhalten und die secundären Bestandtheile treten als gesonderte, mit der Zelle nicht organisch, sondern nur räumlich verbundene Ablagerungen auf, entweder in der Umgebung derselben (z. B. Collagen, Chondromucoid) oder in ihrem Innern (z. B. Fett, Pigment).

Nur ausnahmsweise finden wir im thierischen Organismus chemische Produkte in reinem Zustande abgelagert; in den meisten Fällen, und so auch hier, sind verschiedene einander ähnliche Körper mit

einander gemischt. Diese Mischungen zeigen zuweilen quantitative Verhältnisse, die unter den verschiedensten Bedingungen mit überraschender Regelmässigkeit wiederkehren.

Von den secundären Bestandtheilen der Bindegewebsgruppe gehören die meisten und die häufigsten zu den Eiweisskörpern oder zu den Albuminoiden. Aus der Reihe der einfachen Eiweisskörper [1] sind zu nennen das Elastin, das im Trachealknorpel vorhandene Albumoid und die Eiweisssubstanz der Chorda dorsalis, von den Proteïden walten diejenigen vor, welche bei der Zersetzung neben Eiweiss ein Kohlehydrat liefern: die Mucine und die Chondromucoide (Verbindungen der Chondroïtinschwefelsäure mit Eiweissstoffen), von den Albuminoïden findet sich in weiter Verbreitung das Collagen. Die genannten Stoffe sind, soweit ersichtlich, ausserhalb der Zelle abgelagert, ebenso finden sich anorganische Stoffe, insbesondere ungeheure Mengen von Calciumphosphatcarbonat im intercellulären Gebiete angehäuft, Fett und Pigmente sind aber innerhalb des Zellleibes nachzuweisen.

I.

Ehe wir auf die chemische Zusammensetzung der im vorigen Capitel erwähnten morphologischen Gebilde eingehen, müssen wir einiges über die Eigenschaften der erwähnten secundären Bestandtheile vorausschicken.

Elastin.

Das Elastin ist in Wasser, verdünnten Säuren und verdünnten Alkalien in der Kälte unlöslich, in concentrirter Kalilauge und beim Erhitzen mit verdünnten Säuren löst es sich unter Zersetzung. Durch 2procentige Osmiumsäure-Lösung wird das Elastin in Lösung gebracht, verdünntere Lösungen machen es in Alkali löslich (A. Ewald 101). Durch Pepsinsäure wird es langsam gelöst unter Bildung von Producten, welche den Albumosen und Peptonen ähnlich sind. Die Pepsinverdauung findet auch dann statt, wenn das Elastin vorher mit Alkohol, Chromsäure, Müller'scher Flüssigkeit, Pikrinsäure behandelt war, aber nicht nach vorheriger Einwirkung von Osmiumsäure. Auch durch schwach alkalisches Trypsin wird das Elastin gelöst; diese Löslichkeit wird durch vorhergehendes Kochen des Elastins, sowie durch

[1]) cf. Theil I, S. 261.

Einwirkung von Alkohol, von verdünnter Salzsäure, von Osmiumsäure, Pikrinsäure erhöht, durch vorherige Behandlung des Elastins mit Chromsäure oder Müller'scher Flüssigkeit erniedrigt oder aufgehoben (A. Ewald).

Das Elastin unterscheidet sich von den übrigen Eiweisskörpern dadurch, dass es keinen Schwefel enthält, seine Zusammensetzung ist nach Horbaczewski (20, Bd. 6, S. 330) folgende: 54,32 % *C*; 6,99 % *H*; 16,75 % *N*; 21,43 % *O*. Es liefert bei der Zersetzung viel Leucin und wenig Tyrosin, seine Stellung unter den Eiweisskörpern ist eine zweifelhafte, da das Tyrosin vielleicht nur einer Beimengung seinen Ursprung verdankt.

Albumoid.

Das Albumoid, welches sich im Balkennetz der Grundsubstanz des Trachealknorpels vorfindet, ist wahrscheinlich nur ein Glied einer verbreiteten Reihe von wenig untersuchten, schwerer löslichen Eiweissstoffen. Das Albumoid bleibt ungelöst, wenn man den Trachealknorpel mit Wasser auf 110—120° erhitzt, es wird bei Zimmertemperatur von Säuren und Alkalien nicht gelöst, in der Hitze in Acidalbumin und Alkalialbuminat übergeführt, von Pepsinsalzsäure sehr langsam verdaut (C. Th. Mörner, 102).

Ein einfacher Eiweisskörper ist es auch, welcher das Zellgewebe der Chorda dorsalis bildet. Ich konnte dies an dem Chordastrang des Störs nachweisen (20, Bd. XV, S. 331) und eine genügende Menge dieser Substanz isoliren, um zu erkennen, dass er dem eben beschriebenen Albumoid des Knorpels sehr ähnlich ist. Die Analyse ergab 51,8 % *C*; 7,7 % *H*; 15,8 % *N*; 1,4 % *S*. Durch den Schwefelgehalt unterscheidet sich diese Substanz vom Elastin.

Die Mucine.

Mit der Betrachtung der Mucine betreten wir das Gebiet jener Proteïde, die durch ihre Beziehungen zu den Kohlehydraten in neuerer Zeit das Interesse der Forscher gefesselt haben. Stickstoffhaltige Verbindungen, welche bei der Zersetzung Kohlehydrate (oder die nächste Derivate derselben) liefern, finden sich durch alle Klassen des Thierreichs verbreitet. Die einfachste dieser Verbindungen, das Chitin, enthält nur die Amingruppe in Vereinigung mit dem Kohlehydrat, während es in den complicirtesten, nämlich den oben genannten Proteïden, das Eiweissmolekül ist, welches eine

chemische Verbindung mit der zuckerbildenden Substanz eingeht [1]. Zwischen diesen beiden Extremen stehen gerüstbildende stickstoffhaltige Substanzen von weniger complicirter Constitution; solche sind das Onuphin (Schmiedeberg), das Spirographidin (Krukenberg) und die Chondroitsäure.

In den Proteïden scheint die Kohlehydratgruppe in zweierlei Art gebunden zu sein. Die Mucine zerfallen unter der Einwirkung von Natronlauge direct in Eiweiss (resp. Pepton) und ein stickstofffreies Kohlehydrat, die Chondromucoide hingegen liefern bei gleicher Behandlung neben dem Eiweiss einen Stickstoff und Schwefel enthaltenden Körper: die Chondroitsäure, welche erst bei weiterer Zersetzung stickstofffreie Kohlehydrate ergiebt.

Das Chitin, das Onuphin, das Spirographidin und andere hier nicht genannte Körper aus dieser Gruppe finden sich bei wirbellosen Thieren, unsere Beschreibung hat nur die Mucine, die Chondromucoïde und die Chondroitsäure zu berücksichtigen.

Die **Mucine** finden sich nicht allein als intercelluläre Producte im Bereich der Bindegewebsgruppe, sondern auch in Secreten gewisser Drüsen (z. B. der glandula submaxillaris); die Existenz mehrerer verschiedener Mucine ist durch die neueren Untersuchungen sichergestellt. Die allgemeinen Eigenschaften dieser Körpergruppe sind folgende: Sie sind unlöslich oder wenig löslich in destillirtem Wasser, unlöslich in Alkohol, löslich in kohlensauren Alkalien, verdünnten Lösungen der Aetzalkalien und in Kalkwasser und werden durch diese Lösungsmittel aus den Geweben ausgezogen. Wird das Mucin durch **wenig** Alkali in Lösung gebracht, so hat diese Lösung eine fadenziehende, schleimige Consistenz [2]. Die Lösung wird durch Essigsäure gefällt. diese Fällung wird durch die Gegenwart von neutralen Salzen, insbesondere von Kochsalz beeinträchtigt oder verhindert. Auch durch wenig Salzsäure wird die Lösung gefällt, einige Mucine werden

---

[1]) Ausserdem ist, wie ich während des Druckes dieses Buches finde, auch in der Nucleïnsäure eine zuckerbildende Gruppe enthalten.

[2]) Man hat früher mit dem Namen „Mucin“ alle diejenigen eiweissähnlichen Substanzen bezeichnet, welche ihrer Lösung eine fadenziehende Beschaffenheit ertheilen und durch Essigsäure fällbar sind. Unter diesen sind aber auch Körper, welche bei der Einwirkung siedender verdünnter Säuren keine Zuckerarten abspalten, welche also nach der hier angenommenen Bezeichnung nicht zu den Mucinen zählen. Solche „mucoide Substanzen“ finden sich in der Galle, in der Synoviaflüssigkeit (Hammarsten), ich beobachtete einen derartigen Stoff auch in einem serösen Pleura-Exsudat.

durch geringen Ueberschuss, andere nur durch concentrirte Salzsäure wieder gelöst. Ferrocyankalium giebt mit der essigsauren (Kochsalz enthaltenden) oder mit der salzsauren Lösung des Mucins keinen Niederschlag. Die Lösungen der schweren Metalle, welche die meisten Eiweisskörper fällen (z. B. Kupfer, Quecksilber, Blei), geben auch in Mucinlösungen Niederschläge. Die Mucine enthalten weniger Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff und mehr Sauerstoff, als die einfachen Eiweissstoffe, in ihnen ist Schwefel, aber kein Phosphor und kein Eisen enthalten. Unter der Einwirkung verschiedener Agentien verändern sich die Eigenschaften der Mucine und zwar haben die verschiedenen Mucine eine sehr verschiedene Widerstandsfähigkeit. Nach Hammarsten (6, Bd. XXXVI, S. 373) und Loebisch (20, Bd. X, S. 70) ist das Mucin in den Geweben und in einigen Secreten nicht als solches enthalten, sondern es entsteht aus einem „Mucinogen".

Das Mucin der Sehnen bleibt in Salzsäure von 5 % ungelöst, stärkere löst es allmählig, von Alkalien wird es schwieriger verändert, als die übrigen Mucine. Weder durch Trocknen, noch durch Einwirkung von Alkohol, noch durch Erhitzen mit Wasser verliert es seine Löslichkeit in Kalkwasser. Das Sehnenmucin ist eine schwache Säure, es röthet Lakmus und neutralisirt Alkalien. Seine Zusammensetzung ist nach Loebisch folgende: *C* 48,30; *H* 6,44; *N* 11,75; *S* 0,81; *O* 32,70. Diese Zahlen weichen nur wenig von denen ab, welche Hammarsten (20, Bd. XII, S. 163) für das Mucin des Submaxillarsecrets fand.

Das Mucin des Nabelstrangs hat ähnliche Eigenschaften, steht aber, wie die Untersuchungen von Hammarsten und Jernström (103) zeigen, hinsichtlich seiner Zusammensetzung den einfachen Eiweissstoffen näher. Die Analysen ergaben ein Mittel *C* 51,3; *H* 6,6; *N* 14,1; *S* 1,0; *Asche* 1,8; *O* 25,2. Dies Mucin ist bezüglich seiner Zusammensetzung denjenigen Mucinen ähnlich, welche Hammarsten aus Helix pomatia gewann.

Alle Mucine liefern bei der Zersetzung durch Alkalien oder Säuren Eiweiss oder Pepton und ausserdem eine Substanz aus der Gruppe der Kohlehydrate. Wenn man das Mucin aus Helix pomatia mit einer Lösung von Kalihydrat in Berührung lässt, so erhält man aus demselben neben Alkalialbuminat und Pepton eine gummiartige Substanz („thierisches Gummi" Landwehr 20, Bd. VIII, S. 122), welche beim Erhitzen mit Säuren in einen reducirenden Körper übergeht. Eine ähnliche Substanz gewinnt man auch aus dem Sehnenmucin, wenn man dasselbe der Einwirkung von Wasser bei höherer Temperatur

aussetzt. Dies aus dem Sehnenmucin dargestellte Kohlehydrat hat nach LOEBISCH die Formel $C_{12} H_{20} O_{10} + 2H_2 O$, ist in Wasser mit schwacher Opalescenz löslich, durch Alkohol fällbar und wird durch Einwirkung von Säuren in einen reducirenden Zucker $(C_6 H_{12} O_6)$ übergeführt. Die angegebene Formel stimmt mit der des thierischen Gummis völlig überein, und die Eigenschaften weichen nur in wenigen Puncten ab. Wenn diese Substanz auch durch Jod nicht gefärbt und durch Speichelferment nicht verzuckert wird, so ist ihre Aehnlichkeit mit dem Glykogen doch nicht zu bezweifeln. Die Thatsache, dass aus dem Mucin ein dem Glykogen nahestehendes Kohlehydrat entstehen kann, ist von grosser allgemeiner Wichtigkeit und verdient insbesondere Beachtung für die Beurtheilung des Mucingehalts embryonaler Gewebe. Die descriptive Thierchemie lehrt uns in dem Mucin einen Stoff kennen, welcher dem im Bau begriffenen Organismus eiweisshaltiges Material zu liefern im Stande ist, und welcher zugleich Kohlehydrate hervorbringen kann. —

Die Chondroitsäure oder Chondroitinschwefelsäure und ihre Verbindungen.

Bei der Einwirkung siedenden Wassers auf fein zertheiltes Knorpelgewebe gewinnt man eine gelatinirende Flüssigkeit, welche JOHANNES MÜLLER (101 A) als die Lösung einer besonderen von Leim verschiedenen Substanz erkannte, er gab ihr den Namen „Chondrin“. Nach den späteren Untersuchungen von MOROCHOWETZ (101 B), C. TH. MÖRNER (102) und SCHMIEDEBERG (102 A) ist das Chondrin zu betrachten als eine Vereinigung von Leim und Eiweiss mit dem Alkalisalz einer organischen Säure, der „Chondroitsäure“.

BOEDECKER (102 B) machte zuerst die Beobachtung, dass im Chondrin eine zur Gruppe der Kohlehydrate gehörige Substanz vorhanden sei und gab ihr den Namen Chondroitsäure. C. TH. MÖRNER (102) erkannte später diese Säure als eine Aetherschwefelsäure, SCHMIEDEBERG (102 A) stellte sie zuerst rein dar, erkannte ihre Spaltungsproducte und beschrieb ihre wichtigsten Eigenschaften; den Untersuchungen des letztgenannten Forschers verdanken wir die in der folgenden Darstellung zusammengefassten Resultate.

Die Chondroitsäure oder Chondroitinschwefelsäure wird nach SCHMIEDEBERG am bequemsten aus dem Knorpel der Nasenscheidewand des Schweins gewonnen, welcher in fein zertheiltem Zustand der Pepsinverdauung unterworfen wird, durch Alkoholfällung

der alkalischen oder Kalium und Kupfer enthaltenden Lösung des bei der Verdauung gewonnenen Niederschlages kann die Säure von den Resten eiweissartiger Beimengungen befreit werden. Die Säure ist leicht zersetzlich und nicht krystallisirbar, sie hat wegen dieser Eigenschaften der Untersuchung früher bedeutende Schwierigkeiten entgegengesetzt. Sie ist in Wasser und in wässerigen Säuren löslich und wird durch Alkohol nur bei Gegenwart von etwas Mineralsalz gefällt, in Aether ist sie unlöslich. Sie giebt keine Biuretreaction. Die Chondroitsäure bildet saure, basische und neutrale Salze, welche amorph sind und Hydratwasser enthalten, letzteres entweicht auch nicht beim anhaltenden Trocknen. Das neutrale Kupfer- und Bariumsalz und die Kaliumsalze sind in Wasser löslich, das Eisensalz und das basische Kupfersalz sind unlöslich. Aus den Analysen der Salze ergiebt sich für die Chondroitsäure die Formel $C_{18} H_{27} NSO_{17}$.

Bei der Zersetzung der Chondroitsäure bildet sich zunächst unter Abspaltung von Schwefelsäure Chondroitin nach folgender Gleichung

$$\underset{\text{Chondroitsäure}}{C_{18} H_{27} NSO_{17}} + H_2 O = \underset{\text{Chondroitin}}{C_{18} H_{27} NO_{14}} + H_2 SO_4.$$

Das Chondroitin ist in seinen Eigenschaften dem arabischen Gummi ähnlich und wie die in diesem Gummi enthaltene Arabinsäure ist auch das Chondroitin eine Säure und zwar eine einbasische. Es unterscheidet sich aber durch seinen Stickstoffgehalt von den verschiedenen Gummisäuren, die bekanntlich aus einer Metamorphose der pflanzlichen Zellwand hervorgehen.

Bei der weiteren Zerlegung des Chondroïtins durch verdünnte Säuren tritt eine Spaltung ein, indem sich einerseits Essigsäure bildet, andererseits ein neues stickstoffhaltiges Product, das Chondrosin.

$$\underset{\text{Chondroitin}}{C_{18} H_{27} NO_{14}} + 3 H_2 O = \underset{\text{Chondrosin}}{C_{12} H_{21} NO_{11}} + \underset{\text{Essigsäure}}{3 C_2 H_4 O_2}$$

Das Chondrosin ist eine Amidosäure, wie das Leucin und verbindet sich, wie die Amidosäuren überhaupt, sowohl mit Basen wie mit Säuren. Das freie Chondrosin ist eine gummiartige Masse, welche sich in Wasser löst und lösliche Verbindungen bildet. Diese Säure reducirt Kupferoxyd in alkalischer Lösung und dreht die Ebene des polarisirten Lichtes nach rechts.

Die weitere Spaltung des Chondrosins kann durch Barythydrat bewirkt werden und verläuft nach Schmiedeberg in folgender Weise

$$\underset{\text{Chondrosin}}{C_{12} H_{21} NO_{11}} + H_2 O = \underset{\text{(Glykuronsäure)}}{C_6 H_{10} O_7} + \underset{\text{(Glykosamin)}}{C_6 H_{13} NO_{15}}.$$

Die Formel $C_6 H_{10} O_7$ ist die der Glykuronsäure und $C_6 H_{13} NO_5$ die des Glykosamins.

Die Glykuronsäure ist eine von SCHMIEDEBERG und MEYER entdeckte Aldehydsäure von der Constitution

$$COOH \cdot CHOH \cdot CHOH \cdot CHOH \cdot CHOH \cdot COH.$$

Dieser Atomcomplex wird gewissen Substanzen, die man dem thierischen Organismus zuführt, beim Durchgang durch den Körper angefügt, zum Beispiel wird das als Arzneimittel genommene Chloral, mit der Glykuronsäure beladen, im Harn wiedergefunden.

Das Glykosamin ist die Amidoverbindung eines Zuckers von der Formel der Glykose und hat wahrscheinlich folgende Constitution

$$CHO \cdot CHNH_2 \cdot CHOH \cdot CHOH \cdot CHOH \cdot CH_2 OH \cdot$$

Das Glykosamin bildet sich, wie LEDDERHOSE zeigte, bei der Zersetzung des Chitins.

SCHMIEDEBERG hat die Identität der beiden aus dem Chondrosin entstehenden Producte mit diesen Substanzen höchst wahrscheinlich gemacht. Die ersten Körper zeigte die Zusammensetzung und mehrere charakteristische Eigenschaften der Glykuronsäure, lieferte auch ein gleiches Spaltungsproduct (Trioxyglutarsäure). Der zweite Körper konnte nicht analysirt werden, da er sogleich unter Bildung einer neuen Säure, Chondronsäure, $C_4 H_8 O_5$ zerfällt. Aus den Formeln des Chondrosins und der Glykuronsäure ergiebt sich, dass ihm die Zusammensetzung des Glykosamins zukommen muss und in der That bildet sich bei der analogen Zersetzung des Glykosamins die Chondronsäure.

SCHMIEDEBERG giebt nach seinen Untersuchungen der Chondroitsäure die Formel

$$\begin{array}{l} CO \cdot CO \cdot CH_2 \cdot CO \cdot CH_2 \cdot CO \cdot CH_3 \\ \dot{C}H \cdot N : CH \cdot (CHOH)_4 \cdot COOH \\ (\dot{C}HOH)_3 \\ \dot{C}H_2 \cdot O \cdot SO_3 H \end{array}$$

Eine sehr bemerkenswerthe Eigenschaft der Chondroïtsäure ist ihre Fähigkeit, sich mit Eiweisskörpern und Albuminoïden, z. B. Leim, zu verbinden. Sie ruft in den angesäuerten Lösungen von diesen Stoffen Niederschläge hervor, ähnlich wie die Nucleïnsäure, die ebenfalls Kohlehydratgruppen enthält und wie die Gerbsäure. Die Verbindung von Eiweiss und Chondroïtsäure heisst Chondromucoid und ist im Knorpel enthalten. Das „Chondrin“ von JOH. MÜLLER ist, wie schon oben erwähnt, eine Vereinigung von Leim-Chondroitsäure (Glutenchondrin) mit Alkali.

Das Chondromucoid wurde von C. Th. Mörner beschrieben und wenn auch die chemische Individualität des untersuchten Products nicht bewiesen ist, so giebt diese Beschreibung doch eine Vorstellung von den Eigenschaften der ursprünglich im Knorpel vorhandenen Verbindungen.

Es ist den Mucinen in seinen Eigenschaften und in seiner Zusammensetzung sehr ähnlich. Wie das Mucin ist es ein Körper von sauren Eigenschaften. Es ist in destillirtem Wasser unlöslich und wird durch vorsichtigen Zusatz von wenig Alkali gelöst. Hierbei wird das Alkali neutralisirt, die Lösung ist bei einiger Concentration dicklich. Durch Digestion von knorpeligen Organen mit Wasser von 40° oder auch bei höherer Temperatur wird es dem Knorpel entzogen und in Lösung übergeführt. Durch Aufkochen wird die Lösung nicht coagulirt, Säuren erzeugen einen Niederschlag. Die Fällung mit Essigsäure ist im Ueberschuss des Fällungsmittels unlöslich, Fällungen mit Mineralsäuren lösen sich im Ueberschuss, zum Theil schwer, wieder auf. Neutralsalze der Alkalien, z. B. Kochsalz, verhindern die Bildung des Niederschlages. Essigsäure und Ferrocyankalium bewirken keine Fällung. Ebensowenig wird die Lösung des Chondromucoids von Gerbsäure gefällt, ja diese Lösung besitzt sogar die Fähigkeit, eine Fällung beigemischter Eiweiss- oder Leimlösungen durch Gerbsäure zu verhindern. Die Analyse des Chondromucoids ergab 47,30 % *C*; 6,42 % *H*; 12,58 % *N*; 2,42 % *S*; 31,28 % *O* (C. Th. Mörner, 102).

Durch Pepsinsalzsäure und durch Trypsin wird der Körper gelöst; bei der Einwirkung von Alkalilauge bei Zimmertemperatur zerfällt er in Alkalialbuminat, Pepton, Chondroitsäure und schwefelsaures Salz.

Man kann mit Hülfe der Chondroïtsäure eine künstliche Verknorpelung collagenhaltiger Theile hervorrufen. Dieser Process ist in gewisser Beziehung der Einwirkung des Tannins beim Gerben ähnlich. Legt man entkalkten Knochen in eine Lösung von chondroïtsaurem Kali, so findet bei 40° eine Fixirung der Chondroïtsäure statt und man erhält ein Product, welches die charakteristischen Bestandtheile des „Chondrins“ der früheren Autoren enthält.

Das Collagen.

Das Collagen findet sich in den Bindegewebsfasern, in den Knorpeln und Knochen. Diese Substanz wird durch die anhaltende Einwirkung siedenden Wassers in Leim oder Glutin übergeführt,

und der Leim wird wiederum im trockenen Zustand durch Erhitzen auf 130° in Collagen oder eine dem Collagen sehr ähnliche Substanz zurückverwandelt. Es giebt mehrere Collagene, welche sich durch ihre grössere oder geringere Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung siedenden Wassers und gegen Verdauungsfermente unterscheiden. Auch die aus denselben hervorgehenden Leimarten sind verschieden, wie die Elementaranalyse beweist. Der aus Trachealknorpel gewonnene Leim zeichnet sich z. B. durch seinen niedrigen Stickstoffgehalt aus. Immerhin sind diese Unterschiede bisher so wenig definirt, dass es noch gestattet sein mag, von „dem Collagen" zu sprechen.

Das Collagen ist in Wasser und Alkohol unlöslich, quillt in der Kälte in Aetzalkalien und in Säuren, besonders in Essigsäure und löst sich in heissen Alkalien. Die Quellung des Collagens in Säuren wird durch Kochsalzgehalt der Lösung verhindert, wenn dieser Gehalt mindestens 3,75 Procent beträgt [1].

Das Collagen wird sowohl in frischem Zustand als auch nach der Behandlung mit Alkohol, Müller'scher Flüssigkeit oder Pikrinsäure durch Pepsinsalzsäure verdaut; es verliert diese Verdaulichkeit auch nicht, wenn es vorher mit Chromsäure im Dunkeln in Berührung gewesen war; es wird aber unverdaulich, wenn die Chromsäure unter dem Einfluss der Belichtung eingewirkt hatte. Trypsin löst das Collagen nur dann, wenn das letztere vorher gekocht war; die Lösung findet auch statt, wenn es vor dem Kochen der Einwirkung von Alkohol, Osmiumsäure, Chromsäure im Dunkeln, Müller'scher Flüssigkeit oder Pikrinsäurelösung ausgesetzt war, Chromsäure im Hellen hebt die Verdaulichkeit auf (A. Ewald 10, Bd. VIII, S. 1).

Die Lösung des Leims erstarrt bekanntlich beim Abkühlen zu einer Gallerte. Leim ist in Alkohol unlöslich, in verdünnten Säuren löslich, aus essigsaurer Lösung durch Ferrocyankalium nicht fällbar, wohl aber durch Quecksilberchlorid, Metaphosphorsäure und Gerbsäure. Da der Leim bei der Spaltung kein Tyrosin liefert, so giebt er auch nicht die für Eiweissstoffe charakteristische Rothfärbung mit Millons Reagens. Mit Natronlauge und Kupfersulfat giebt der Leim schon in der Kälte die Biuretreaction. Durch längeres Kochen mit Wasser. oder durch die Einwirkung verdünnter Säuren oder Alkalien oder durch Pepsinsalzsäure oder Trypsin verliert seine Lösung die Fähigkeit zu erstarren. Bei dieser Zersetzung entstehen zunächst die Leim-

---

[1]) Man bedient sich einer 10procentigen Kochsalzlösung, um gequollenes Collagen wieder zum Schrumpfen zu bringen.

peptone, bei weiterer Spaltung Leucin, Asparaginsäure, Glutaminsäure, aber kein Tyrosin. Die Zahlen, welche man für die procentische Zusammensetzung des Collagens gefunden hat, zeigen keine genügende Uebereinstimmung; als Beispiel sei die Analyse der Sehnen (Scheerer) angeführt: C 50,77 %; H 7,15 %; N 18,32 %; $O + S$ 23,75 %. Man nimmt an, dass die Umwandlung des Collagens in Leim unter Aufnahme der Elemente des Wassers stattfindet.

Die Fette.

Als Fette bezeichnet man bekanntlich die Ester des Glycerins, $C_3 H_5 (OH)_3$ mit Fettsäuren $C_n H_{2n} O_2$ und $C_n H_{2n-2} O_2$. In den Fetten des Thierkörpers sind mit einem Molekül Glycerin drei Moleküle der Fettsäure in Verbindung. Am häufigsten finden sich in dem Fettgewebe die Verbindungen der Palmitinsäure ($C_{16} H_{32} O_2$), der Stearinsäure ($C_{18} H_{36} O_2$) und der Oelsäure ($C_{18} H_{34} O_2$); seltener oder in geringen Mengen die der Buttersäure ($C_4 H_8 O_2$), Valeriansäure ($C_5 H_{10} O_2$), Capronsäure ($C_6 H_{12} O_2$), Caprylsäure ($C_8 H_{16} O_2$). Die Formel des Palmitins ist folgende: $C_3 H_5 (OC_{16} H_{31} O)_3$, die des Stearins $C_3 H_5 (OC_{18} H_{35} O)_3$, die des Oleïns $C_3 H_5 (OC_{18} H_{33} O)_3$.

Palmitin und Stearin sind bei gewöhnlicher Temperatur fest, Oleïn ist flüssig. Die im Thierreiche vorkommenden Fette sind stets Mischungen dieser drei Fettarten, in denen auch Lecithin und Cholesterin niemals fehlt; ihre Consistenz hängt somit von dem quantitativen Verhältniss der Bestandtheile ab, je mehr Oleïn in ihnen enthalten ist, um so weicher ist das Fett und um so niedriger liegt der Schmelzpunkt. Das Fett aus dem Panniculus adiposus des Menschen wird bei 15—22° flüssig und erstarrt bei 6—15°, das der Nierengegend verflüssigt sich bei 25°, um bei 17° wieder zu erstarren. Eine andere Zusammensetzung zeigt das Fett anderer Wirbelthiere, das des Hammels z. B. schmilzt erst bei ungefähr 50°. Oft beobachtet man in Fettzellen oder auch im ausgelassenen Fett, dass ein Theil krystallinisch erstarrt ist, während der Rest noch im flüssigen Zustand verharrt.

Die Fette sind unlöslich in Wasser, leicht löslich in Aether, Chloroform, Benzol, Schwefelkohlenstoff, Anilin und flüchtigen Oelen, wenig löslich in kaltem, leicht in heissem Alkohol. Ein flüssiges Fett, z. B. Oleïn, ist auch im Stande, ein festes, z. B. Palmitin, ferner Fettsäure, Cholesterin, Lecithin und gewisse Farbstoffe aufzulösen. Die Fette lösen sich in geringem Maasse in Seifenlösung und in der Lösung gallensaurer Salze. Wenn ein Fett, welches Fettsäuren ge-

löst enthält, mit einer alkalischen Lösung (z. B. mit Sodalösung) geschüttelt wird, so findet eine bleibende feine Vertheilung („Emulsion“) des Fettes statt, eine ähnliche Vertheilung kann auch durch Schütteln mit schleimigen Lösungen hervorgerufen werden. Die Fette werden durch Lösung von Osmiumsäure geschwärzt.

Durch die Einwirkung von Wasserdampf bei hoher Temperatur, oder von siedender Alkalilösung, oder durch Fäulniss- und andere fermentative Einwirkungen werden die Fette zerlegt in Glycerin und Fettsäuren[1] (Verseifung der Fette).

Die Pigmente.

Die Pigmente sind Substanzen, welche lediglich nach Massgabe einer physikalischen Eigenschaft, der Lichtabsorption, in einer Gruppe vereinigt werden, deshalb ist ein chemischer oder physiologischer Zusammenhang aller dieser Stoffe von vornherein nicht zu erwarten. Blut- und Gallenfarbstoffe, welche unter besonderen Verhältnissen in bindegewebigen Theilen auftreten können, werden später behandelt, über die anderen Pigmente ist wenig bekannt. Das Fett ist fast stets mit rothen oder gelben Farbstoffen durchtränkt, welche Absorptionen in der blauen oder violetten Region des Spektrums erkennen lassen, welche sich in Aether, Alkohol, Benzol, Schwefelkohlenstoff, Chloroform lösen, in Wasser unlöslich sind, aber in die Seifenlösungen übergehen. Durch concentrirte Schwefelsäure oder Salpetersäure wird ihre Farbe in eine blaue verwandelt. Eine Reindarstellung eines Repräsentanten dieser Gruppe, welche eine Aufklärung über die chemische Natur derselben hätte geben können, ist bisher noch nicht gelungen. Zu diesen Substanzen, die unter dem Namen Lipochrome zusammengefasst sind, gehört auch das Luteïn, welches in grösserer Menge in den Corpora lutea angehäuft ist.

Gewisse Zellen bindegewebigen Ursprungs, welche sich in der Cutis, der Arachnoidea, der Choroidea, der Iris vorfinden, enthalten braune oder schwarze Pigmente, von denen nur der Farbstoff der Choroidea chemisch untersucht ist. Der letztere erwies sich in Wasser, Alkohol, Aether, Benzol, Eisessig unlöslich, in Alkalien löslich, durch Säuren fällbar. Die Substanz ist stickstoffhaltig, frei von Schwefel und Eisen. Sie wird durch Chlor entfärbt, bewahrt aber gegen die Einwirkung von Wasserstoffsuperoxyd ihre Farbe. Die Zusammensetzung der aus Rindsaugen dargestellten Substanz nach einmaligem

---

[1]) Vergl. auch Bd. I, S. 292.

Lösen in Alkali und Ausfällung durch Säure ist folgende: *C* 59,9 bis 60,34 %; *H* 5,02—4,61 %; *N* 10,81 %; *Asche* 2,15 % (SIEBER 104). Aehnliche Substanzen treten besonders unter pathologischen Verhältnissen im Thierkörper auf.

II.

Die eben beschriebenen secundären Stoffe sind es hauptsächlich, welche den einzelnen Gewebsarten aus dieser Gruppe ihre Eigenart verleihen. Wir unterscheiden diese Gewebsarten von einander im Grunde nicht nach den erkennbaren Verschiedenheiten der Zellen, sondern nach der chemischen Beschaffenheit und der Ablagerungsart der genannten Bestandtheile.

Das embryonale Bindegewebe, die Bindegewebsfasern und elastischen Fasern.

Drei Punkte sind in chemischer Hinsicht bezüglich des embryonalen Bindegewebes beachtenswerth, erstens der hohe Wassergehalt, zweitens das Vorkommen einer mucinähnlichen Substanz oder des Mucins selbst, drittens das Fehlen des Collagens (SCHWANN, SCHLOSSBERGER 105). Diese Eigenthümlichkeiten sind auch im Schleimgewebe aus dem Nabelstrang zu finden, hier ist Mucin mit Sicherheit nachgewiesen, wie aus den Untersuchungen von OBOLENSKY (6, IV S. 349) und JERNSTRÖM (103) hervorgeht, von SCHERER wurde auch constatirt, dass der Nabelstrang anfangs kein Collagen enthält. In höherem Masse weicht das Gewebe des Glaskörpers von dem embryonalen Gewebe ab, da hier eine mucinähnliche Substanz nur in einzelnen Thierklassen erhalten ist, während es anderen fehlt (SCHWALBE 106), dagegen treten hier andere Eiweisskörper auf, nämlich Serumalbumin und Globulin (CAHN).

Ueber die Bindegewebsfasern, die elastischen Fasern und das Fettgewebe ist dem Inhalt des vorigen Capitels Nichts hinzuzufügen; wir wissen, dass die ersteren aus Collagen bestehen, während die elastischen Fasern neben dem Elastin eine noch nicht definirte Eiweisssubstanz enthalten, deren Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung siedender Säuren und Alkalien geringer ist als die des Elastins.

Die Chorda dorsalis.

Das Zellgewebe der Chorda dorsalis nimmt in chemischer Hinsicht innerhalb der Bindegewebsgruppe eine besondere Stellung ein

und darf deshalb hier nicht unerwähnt bleiben. Zunächst ist der hohe Wassergehalt auffallend, ich fand im Chordastrang des Störs ungefähr 96 Procent Wasser, während der umgebende Knorpel der Wirbelsäule bei demselben Thiere 81,5 % Wasser enthielt. In diesem Verhalten gleicht die Chorda dem embryonalen Gewebe, welches wie erwähnt, sehr wasserreich ist. Auch der Glykogenreichthum embryonaler Gebilde ist der Chorda eigenthümlich, nach meinen Analysen betrug der Glykogengehalt 13 Procent des trocknen Rückstandes (Chordastrang des Störs). Collagen und Chondromucoid fehlen im Chordastrang, auch Elastin ist bisher nicht nachgewiesen. Der feste Rückstand wird hauptsächlich von dem früher erwähnten fibrinähnlichen Eiweisskörper gebildet. Fette, Cholesterin und Lecithin können nur in sehr geringer Menge vorhanden sein (20, Bd. XV, S. 331).

Das Knorpelgewebe.

Das Knorpelgewebe enthält im normalen Zustande Chondromucoide neben Collagen und Chondroitsäure, es können ausserdem noch Albumoid, Elastin, sowie anorganische Stoffe in der Intercellularsubstanz des Knorpels vorhanden sein. Wie SCHMIEDEBERG (l. c.) gezeigt hat, steht das Vorkommen der Chondroïtsäure im Knorpel in keinem Zusammenhang mit der morphologischen Structur desselben, da in Enchondromen Knorpelgewebe ohne Chondroïtsäure gefunden wird. Durch siedendes Wasser werden dem Knorpel die Bestandtheile der „Chondrinballen“, nämlich das Chondromucoid, die Chondroitsäure und der Leim entzogen. Die Lösung gelatinirt wegen der Gegenwart des Leims beim Erkalten, sie wird durch Gerbsäure aber nicht gefällt, da das Chondromucoid das Eintreten dieser Reaction verhindert.

Das Albumoid findet sich im Tracheal-, Thyreoideal-, Cricoideal- und Arythenoideal-Knorpel des Rindes nur im erwachsenen Zustand. Das Albumoid dieser Knorpelarten wird ebenso wie das im Netzknorpel vorhandene Elastin als ungelöster Rückstand gewonnen, wenn man die Knorpelsubstanz im geschlossenen Rohr längere Zeit auf 120° erhitzt, hierbei gehen die das „Chondrin“ bildenden Stoffe in Lösung. Wenn man z. B. den Knorpel der Ohrmuschel auf diese Weise behandelt, so bleibt die Elastinmasse „dehnbar wie ein Stück frische Aorta“ zurück (HOPPE-SEYLER 107).

Bei der Extraction mit verdünnter Kochsalzlösung liefert der Knorpel etwas Globulinsubstanz (HOPPE-SEYLER). In den Knorpelzellen findet sich nach den Untersuchungen von RANVIER, NEUMANN

und Barfurth (1, Bd. XXV, S. 300) Glykogen, welches durch längeres Hungern zum Verschwinden gebracht werden kann. Seine Gewinnung ist sehr schwierig, da das Gewebe das Eindringen von Extractionsmitteln nicht gestattet und die Menge des Glykogens nur sehr gering ist. Auch Fett wird als Bestandtheil des Knorpels angeführt und zwar soll der Fettgehalt 2—5 Procent der trockenen Substanz betragen. Der Wassergehalt beträgt 54 bis 70 Procent des Gewebes.

Eine sehr auffallende Eigenthümlichkeit des Knorpels ist die Neigung zur Aufspeicherung anorganischer Stoffe in der intercellulären Substanz. Das Verhältniss zwischen organischen und anorganischen Bestandtheilen ist aber kein feststehendes, wie im Knochen, sondern es schwankt innerhalb weiter Grenzen. Im Knorpel aus dem menschlichen Organismus fand v. Bibra 2 bis 6 Procent Asche; aus dem Rippenknorpel alter Thiere (wohl in hohem Grade verkalkt) erhielt derselbe Analytiker 41,9 % (Pferd) und 45,1 % (Katze) Asche. Wenn diese Verkalkung auch vorwiegend im höheren Alter beobachtet wird, so darf man doch nicht annehmen, dass der Aschegehalt des Knorpels regelmässig mit zunehmendem Alter ansteige; nach C. Th. Mörner's (102) Analysen erweist sich sogar der Knorpel junger Kälber aschereicher als der erwachsener Rinder, der Aschegehalt der ersteren betrug im Mittel 7,29 Procent, der der letzteren 5,92 %. Die Zusammensetzung der beim Verbrennen des Knorpels zurückbleibenden Asche weicht, wie die nachfolgenden von v. Bibra ausgeführten Analysen des Rippenknorpels eines 40jährigen Mannes lehren, von der Asche anderer Gewebe des Thierkörpers sehr beträchtlich ab (107 A).

In 100 Theilen Asche

Calciumphosphat	13,09
Calciumsulfat	79,03
Magnesiumphosphat	3,78
Natriumsulfat	1,22
Natriumphosphat	0,93
Natriumcarbonat	Spur
Chlornatrium	1,95

Man ersieht aus diesen Zahlen, dass der Knorpel sehr viel Calcium neben wenig Magnesium und Natrium enthält. Bemerkenswerth ist der Mangel oder die Armuth an Kalisalzen und der hohe Gehalt an Sulfaten. Die Schwefelsäure der Sulfate entsteht hauptsächlich aus den schwefelreichen Intercellularsubstanzen, dem Chondromucoid und

der Chondroitsäure; der Schwefelgehalt des Knorpels beträgt nach Mörner etwa 2 Procent (bezogen auf trockne aschefreie Substanz).

Während es bei den höheren Thieren vorwiegend Calcium ist, welches — anscheinend in organischer Verbindung — im Knorpel aufgespeichert wird, findet man bei den Knorpelfischen grosse Mengen von Kochsalz in der intercellulären Masse. Petersen und Soxhlet (108), berechnen aus ihren Analysen, die sie am Knorpel eines Haifisches anstellten, dass in 100 Theilen des frischen Knorpels 74,20 Theile Wasser, 8,03 Theile organischer Substanz und 17,77 Theile anorganischer Stoffe vorhanden sind, in letzteren sind 16,69 Theile Kochsalz enthalten. Wäre das Kochsalz gelöst, so müsste eine Lösung den Knorpel durchtränken, welche 22 Procent Kochsalz enthält. Die Existenz einer solchen Lösung ist innerhalb eines thierischen Gewebes nicht denkbar, wir werden also zu der Annahme gezwungen, dass das Kochsalz in einer ungelösten Verbindung in der Knorpelsubstanz enthalten sei.

Das Knochengewebe.

Die anorganischen Einlagerungen, die im Knorpel in geringer Menge auftreten, die nur in Folge einer pathologischen oder Altersveränderung eine beträchtliche Höhe erreichen können, bilden im Knochengewebe den Hauptbestandtheil der intercellularen Masse. Wir haben die Intercellularsubstanz des Knorpels als eine Ablagerung von Collagen kennen gelernt, welche mit anderen organischen Stoffen, dem Chondromucoid und der Chondroitsäure imprägnirt oder chemisch verbunden ist. Ganz ebenso bildet auch im Knochen das Collagen eine Grundsubstanz, hier ist es aber nicht eine organische Substanz, sondern ein anorganisches Kalksalz, welches mit dieser Grundmasse vereinigt ist.

Wie im Knorpelgewebe, so sind auch im Knochen die Zellen von einer widerstandsfähigeren organischen Hülle umgeben, in die übrige Intercellursubstanz eingelagert. Die chemische Natur dieser Hülle, welche sämmtliche Hohlgebilde des Knochens resp. des Zahnbeins, also auch die Knochenkanälchen und die Havers'schen Kanäle auskleidet, ist noch nicht ergründet. Virchow isolirte sie durch Salzsäure, welche bei anhaltender Einwirkung die Grundsubstanz früher löst als diese Hüllen, in der den Knochenkörperchen eigenthümlichen Gestalt und Hoppe-Seyler konnte sie gewinnen, indem er die Kalksalze durch Salzsäure entfernte und dann nach sorgfältigem Auswaschen den Leim durch siedendes Wasser in Lösung brachte. Broe-

SIKE benutzte unter Anderem ein siedendes Gemisch von Glycerin und Essigsäure für denselben Zweck. Die diese Hüllen bildende Substanz löst sich leicht in Kalilauge, leichter als die collagene Substanz des Knochens (BROESIKE 1, XXI S. 720). Aus Keratin kann der fragliche Körper nicht bestehen, denn er wird durch anhaltende Einwirkung des siedenden Wassers gelöst (KÖLLIKER 109) und durch Pepsinsalzsäure bis auf einen kleinen Rest verdaut, welchen man bei der Einwirkung einprocentiger Kalilauge in Lösung gehn sieht. Die durch Kochen mit Glycerin-Essigsäure isolirten Hüllen werden durch Trypsinsodalösung, und ebenso durch zehnprocentige Kalilösung zum Verschwinden gebracht (SMITH 10, Bd. XIX, S. 469). Besondere chemische Eigenthümlichkeiten, welche etwa die von dieser Hülle eingeschlossenen Knochenzellen vor anderen Zellen auszeichnen, sind nicht bekannt, ebensowenig ist das die Knochenfibrillen bildende Collagen durch besondere Eigenschaften von dem Collagen des lockeren Bindegewebes unterschieden.

Der in den Knochen enthaltene Kalk befindet sich in einer Verbindung mit Phosphorsäure und Kohlensäure, welche von verschiedenen Forschern eine verschiedene Deutung erfahren hat; HOPPE-SEYLER'S Auffassung (19, S. 104) erklärte die Thatsachen in der einfachsten Weise. Aus den zahlreichen Analysen der Knochen ergiebt sich — wie HOPPE-SEYLER zuerst darlegte — dass annähernd auf 10 Atome Calcium 6 Moleküle Phosphorsäure gefunden werden; es stehen also 18 Valenzen der Phosphorsäure 20 Valenzen des Calciums gegenüber. Derjenige Theil des Calciums, welcher durch Phosphorsäure nicht gesättigt wird, ist zum grösseren Theil mit Kohlensäure, zum geringeren Theil mit Chlor und Fluor in Verbindung. HOPPE-SEYLER hat die Anordnung der Atome in dieser Verbindung durch folgende Formel veranschaulicht, welche auf die sehr geringen Mengen des Chlors und Fluors keine Rücksicht nimmt.

$$\begin{array}{ccccccc}
 & & & PO_4 & & & \\
 & & Ca & | & Ca & & \\
 & & & Ca & & & \\
 & PO_4 & & | & & PO_4 & \\
Ca & & Ca & CO_3 & Ca & & Ca \\
 & PO_4 & & | & & PO_4 & \\
 & & & Ca & & & \\
 & & Ca & | & Ca & & \\
 & & & PO_4 & & &
\end{array}$$

Dieses Calciumphosphatcarbonat ist nicht etwa dem Knochen oder der Bindegewebsgruppe eigenthümlich, sondern es findet sich nach HOPPE-SEYLER auch in einem Gebilde epithelialen Ursprungs,

dem Zahnschmelz. Die Aehnlichkeit dieser Verbindung mit dem Apatit, welcher dasselbe Verhältniss zwischen Calcium und Phosphorsäure zeigt (welcher aber keine Kohlensäure enthält, sondern statt dessen Fluor und Chlor) ist nicht zu verkennen und dehnt sich, wie später bei der Betrachtung des Zahnschmelzes gezeigt werden soll, auch auf physikalische Eigenschaften aus.

Viel complicirtere Verhältnisse hat Aeby (109 A) in den Knochen angenommen. Nach seiner Auffassung soll in den Knochen ein eigenthümliches basisches Phosphat neben kohlensaurem Kalk (Kreide) enthalten sein. Das basische Phosphat kann seiner Zusammensetzung nach aufgefasst werden als eine Vereinigung von Orthophosphat ($Ca_3 P_2 O_8$) mit Kalk, Kohlensäure und Wasser, und wird durch folgende Formel anschaulich gemacht:

$$[6\,Ca_3 P_2 O_8 + 2\,H_2 O + 2\,CaO + CO_2] + 3\,aq$$

Der in diesem basischen Phosphat enthaltene überschüssige Kalk (CaO) soll mit der Kohlensäure in einer lockeren Verbindung, welche nicht der Kreide entspricht, vorhanden sein. Wir haben also im Knochen locker gebundene und fester gebundene Kohlensäure, erstere ist im basischen Phosphat, letztere in der „Kreide" enthalten. Aehnliche Verhältnisse sollen auch im Elfenbein vorhanden sein. Der Zahnschmelz hingegen enthält nach Aeby neben der „Kreide" nur das Orthophosphat, unterscheidet sich also in der chemischen Constitution der anorganischen Theile vom Knochen. Dieser Unterschied findet auch seinen Ausdruck in den verschiedenartigen Umwandlungen, welche Knochen und Zahnschmelz nach langem Liegen in der Erde oder im Schlamm erleiden. Die unter Pfahlbauresten gefundenen Zähne lassen zum Theil eine auffallende Abgrenzung des Schmelzes erkennen, welcher sich mit schwarzblauer Farbe vom Zahnbein abhebt. Dieses Verhalten ist bedingt durch Veränderung, die der Schmelz unter dem Einfluss des kohlensauren Eisenoxyduls der Gewässer erleidet, er wird in Vivianit (phosphorsaures Eisenoxydul) verwandelt; das Zahnbein und der Knochen zeigen diese Metamorphose nicht. Anderseits nimmt die Knochensubstanz aus dem Wasser Fluor auf, der Schmelz aber nicht. Aus diesen und anderen Thatsachen zieht Aeby den Schluss auf die verschiedene chemische Natur der beiden Gebilde.

Ausser den bisher genannten Bestandtheilen findet sich noch Magnesium, nach Cossa (110) auch Spuren von Cer, Lanthan und Didym in den Knochen. Folgende durch Zalesky's Untersuchungen (23 S. 19) gewonnene Zahlen ergeben die Mengen der anorganischen

Bestandtheile des menschlichen Knochens in Procenten der Gesammtasche ausgedrückt:

CaO	MgO	P_2O_5	CO_2	Cl	F
52,83	0,48	38,73	5,73	0,18	0,47.

Die Kohlensäure ist in dem getrockneten Knochenpulver bestimmt, da die Bestimmung derselben in der Knochenasche zu geringe Werthe giebt.[1] Um die Gleichmässigkeit der Zusammensetzung der Knochen verschiedener Species zu beweisen, möge eine ebenfalls von ZALESKY ausgeführte Analyse der Rindsknochen hier Platz finden:

CaO	MgO	P_2O_5	CO_2	Cl	F
52,89	0,47	39,89	6,20	0,20	0,62.

Eine besondere Aufmerksamkeit hat man seit längerer Zeit dem quantitativen Verhältniss zwischen den anorganischen und organischen Bestandtheilen des Knochens zugewandt, da Manche geneigt waren, aus dem gleichmässig wiederkehrenden Zahlenverhältniss dieser beiden Theile auf eine constante chemische Verbindung beider zu schliessen. Um eine Vorstellung von der Gleichmässigkeit zu geben, welche zwischen dem verbrennlichen und dem feuerbeständigen[2] Theil der Knochen herrschen kann, führen wir hier die Resultate der Bestimmungen an, welche FRÉMY an der compakten Substanz des Femurs weiblicher Individuen von verschiedenem Lebensalter ausführte.

Lebensalter:	Foetus	Neugeboren	22	80	81	88	97 Jahre
Organ. Subst. in Proc.:	37,0	35,2	35,4	35,4	35,5	35,7	35,1

Die Resultate verschiedener anderer Analytiker und die bei verschiedenen Knochen desselben Thieres gewonnenen Zahlen zeigen zwar Abweichungen, diese sind aber wohl verständlich, wenn man die verschiedenartigen Beimengungen in Betracht zieht, welche der Bau des Knochens mit sich führen muss. HOPPE-SEYLER schliesst aus den Analysen, dass die zwischen den Knochenzellen vorhandene Masse 25—26 Procent Collagen enthalten möge. Weder unter pathologischen Bedingungen noch durch abnorme Ernährung erleidet das Verhältniss

[1]) Vergl. die Anmerkung auf folgender Seite.

[2]) Die Bestimmungen des Gehalts an organischer Substanz, sind gewöhnlich durch Glühen des Knochens ausgeführt und man hat die zurückbleibende Asche als anorganische Substanz (Knochenerde), den Glühverlust als organischen Theil in Rechnung gezogen. Diese Berechnung ist nicht genau richtig, da beim Glühen einer Mischung von Calciumphosphat und Carbonat ein Verlust von Kohlensäure stattfindet, der sich nachträglich auch durch Behandlung mit kohlensaurem Ammoniak nicht ersetzen lässt. Vgl. WIBEL, Journ. f. pract. Chemie [2] Bd. 9, S. 113.

zwischen organischen und anorganischen Stoffen eine bemerkenswerthe Aenderung; entsteht der Knochen, so werden beide zugleich gebildet, wird er resorbirt, so verschwinden beide gleichmässig.

Die Vorstellung, dass eine chemische Verbindung zwischen Collagen und Knochenerde die Ursache der erwähnten analytischen Ergebnisse sei, konnte nur so lange bestehen, als man eine homogene Beschaffenheit der intercellularen Masse annahm. Seitdem ist aber durch die Untersuchungen v. Ebner's erwiesen, dass diese Masse aus einem Gewebe feiner unverkalkter Fibrillen besteht, die zwischen der die Knochenerde enthaltenden Kittsubstanz gelagert sind. Beim Glühen des Knochens verschwinden diese Fibrillen und lassen den Raum, den sie einnahmen, als Höhlung zurück — ein Beweis, dass sie vorwiegend oder rein organischer Natur sind. Diese Thatsachen schliessen zwar die Möglichkeit nicht aus, dass in der Kittsubstanz eine chemische Verbindung zwischen Knochenerde und Collagen vorliege, aber sie machen die Annahme unmöglich, dass diese Verbindung durch die Ergebnisse der Analysen zum Ausdruck gebracht werde.

Das constante Verhältniss zwischen Collagen und Knochenerde muss als Folge einer gleichmässigen Vertheilung der Fibrillen in der Kittsubstanz betrachtet werden. Ich habe früher darauf hingewiesen [1], dass die Analysen zelliger Gebilde in manchen Fällen eine Uebereinstimmung zeigen, welche durch die stets gleiche Gestalt und Grösse der morphologischen Elementartheile bedingt ist und habe dies durch die Analyse der Spermatozoën illustrirt. Hier sehen wir dasselbe in der intercellularen Masse eintreten. Die Frage nach der Ursache dieser Uebereinstimmung der analytischen Ergebnisse ist in beiden Fällen nicht durch chemische Affinitäten zu erklären, sondern sie fällt zusammen mit der noch ungelösten Frage nach den Ursachen des Ebenmasses, welches zwischen den Theilen eines Organismus obwaltet.

Das rothe Knochenmark enthält ausser den primären Bestandtheilen der Zellen Blutfarbstoff und eigenthümliche noch nicht näher bekannte eisenhaltige Substanzen, welche wahrscheinlich zur Bildung des Blutfarbstoffs in Beziehung stehen (H. Nasse). Das Fett des gelben Markes besteht, wie die meisten thierischen Fette aus den Verbindungen der Oelsäure, Palmitinsäure und Stearinsäure.

---

[1]) Dieser Band, Cap. II.

ZEHNTES CAPITEL.

Morphologie des Blutes, der Lymphe und des Chylus.

Blut, Lymphe und Chylus haben das Gemeinsame, dass sie eine Flüssigkeit darstellen mit darin suspendirten morphologischen Elementen. Der Chylus ergiesst sich in den Lymphstrom, dieser in das Blut, so dass in diesem die Bestandtheile jener mit enthalten sind,

A) Das Blut.

Das Blut lässt an geformten Elementen erkennen:

Die rothen Blutkörperchen,
Die weissen Blutkörperchen,
Die Blutplättchen.
Ferner:
kleinste Fetttröpfchen,
Körnchen (?).

Die beiden ersten sind Zellen oder Modificationen solcher, die morphologische Stellung der Blutplättchen ist noch unbekannt. Die Fetttröpfchen und Körnchen sind mehr zufällige Beimengungen.

Die Flüssigkeit, in welcher diese Formelemente sich befinden, das „Blutplasma", ist der Intercellularsubstanz der anderen Gewebe nur zum Theil homolog, da sie von aussen her, von den in den Körper aufgenommenen Nahrungsmitteln, theils direct, theils indirect durch Vermittelung des Chylus und der Lymphe, Stoffe in sich aufnimmt, sowie die sonst von den Geweben gelieferten Stoffwechsel-

producte, soweit solche in die Gewebslymphe gelangen. Dass diese Flüssigkeit indessen zu einem wesentlichen Theile wirklich als eine Intercellularsubstanz aufzufassen ist, dafür spricht einmal der Umstand, dass sie sich bei der ersten Blutbildung in der Entwickelung als solche anlegt und zweitens ihre specifische, charakteristische Beschaffenheit.

Die *Function* des Blutes ist die, allen übrigen Elementen des Körpers die zum Leben nothwendigen Stoffe zuzuführen, sie zu ernähren. Es theilen sich in diese Function einerseits die weissen Blutkörperchen und das Plasma, andererseits die rothen Blutkörperchen, welche letzteren speciell den Gasaustausch vermitteln, also „respiratorische Elemente“ sind. Da das Blut theils direct, theils indirect durch Vermittelung der aus den Körpertheilen ihm zuströmenden Lymphe, auch wieder alle nicht mehr für das Leben brauchbaren, aus dem Stoffwechsel der Zellen herrührenden Stoffe aufnimmt, so muss es von diesen befreit werden, und dazu dienen die Lunge und einige Drüsen (Leber, Niere, Schweissdrüsen etc.).

Betrachten wir zunächst **die morphologischen Elemente des Blutes.**

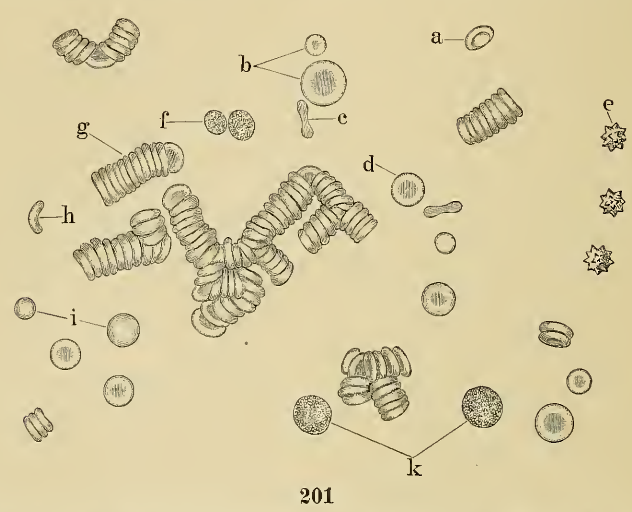
Die rothen Blutkörperchen. Dieselben sind gemäss ihrer specifischen Function als respiratorische Elemente mehr oder weniger stark differenzirte Zellen. Bei den Evertebraten kommen ihnen entsprechende Elemente mehrfach vor (Cuénot 93, 1889). Sie sind bei den niedriger stehenden Vertebraten kernhaltige Zellen mit differenzirtem Zellleibe, bei den höchsten Vertebraten, den Säugern, kernlose Gebilde, die also nicht mehr den Werth einer Zelle besitzen. Der Kern ist der Function zum Opfer gefallen, die Blutzelle hat an eigenem Lebenswerth verloren, um dem Ganzen besser dienen zu können [1].

Die *Form* der menschlichen rothen Blutkörperchen ist die einer kreisförmigen Scheibe mit abgerundetem Rande und einer beiderseitigen centralen Delle (Figur 201). Demgemäss wird ein solches

---

[1]) Nach Minot (16, V) sollen allerdings die kernlosen rothen Blutkörperchen der Säugethiere niemals den Werth einer Zelle besessen haben, sondern wie er in Uebereinstimmung mit den von Ranvier (9) Schäfer (89, 1874 und 78), Hayem (77) Leboucq (90), Kuborn (16, V) gemachten Beobachtungen (vergl, auch Rollett 91), angiebt, intracellulär in den gefässbildenden Zellen („cellules vasoformatives“) entstehen. Minot nennt sie daher: B l u t p l a s t i d e n, im Gegensatze zu den Zellen darstellenden rothen mit Kernen versehenen Blutkörperchen der übrigen Wirbelthiere, und das Säugethierblut: P l a s t i d e n b l u t. (s. wegen des Näheren das Capitel über „Blutbildung“).

Körperchen von der Fläche gesehen je nach der Einstellung bald eine dunkle Mitte und einen hellen Rand (Figur 201 d) bald umgekehrt eine helle Mitte und einen dunklen Rand erkennen lassen. Auf dem optischen Durchschnitte wird es biscuitförmig sein (Figur 201 c), und in schrägen Stellungen verschiedene, leicht ableitbare Formen



201

Körperchen aus frischem menschlichem Blute, ohne Zusatz. Vergr. 600. a = rothes Blutkörperchen leicht nach einer Seite durchgebogen; b = ein grosses und ein kleines rothes Blutkörperchen; c = ein rothes Blutkörperchen von der Kante gesehen, im optischen Durchschnitte durch seine Mitte: Biscuitform; d = mittelgrosses rothes Blutkörperchen; e = Stechapfelformen; f = kleine weisse Blutkörperchen, Kern nicht sichtbar; g = Geldrollenanordnung der rothen Blutkörperchen; h = rothes Blutkörperchen von der Kante gesehen, leicht gebogen; i = rothe Blutkörperchen, kugelig gequollen; k = grössere Formen von weissen Blutkörperchen, Kern nicht sichtbar.

aufweisen, wobei noch zu berücksichtigen ist, dass die Scheibe biegsam ist. (Figur 201 a, h.)

Die *Farbe* des Blutes ist, wie bekannt, mehr dunkelroth (Venenblut) oder mehr hellroth (Arterienblut). Dieselbe wird bedingt durch die Färbung der rothen Blutkörperchen. Einzeln unter dem Mikroskope bei durchfallendem Lichte erscheinen diese indessen keineswegs roth, sondern mehr gelbgrünlich, nur wenn mehrere übereinander gelagert sind, tritt ein rother Farbenton auf. Diese Färbung wird durch einen besonderen, chemisch darstellbaren Körper, den Blutfarbstoff, das Haemoglobin resp. Oxyhaemoglobin („Phlebin“ und „Arterin“) bewirkt (vergl. Capitel XI).

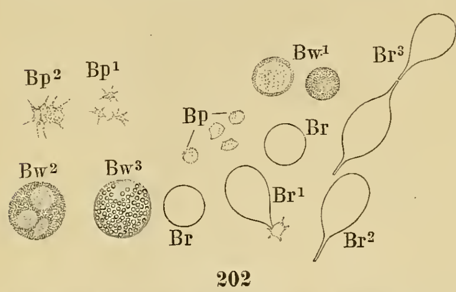
Die *Grösse* der Körperchen (vergl. auch Figur 201) ist beim Menschen die folgende: Der Durchmesser der Scheibe beträgt nach den ausgedehnten Untersuchungen von Hayem (77) im Durchschnitte

7,5 μ (7,2 bis 7,8 μ) — WELCKER (63, XX, 1863) hatte seinerzeit 7,74 μ (bei 1,9 μ Dicke) angenommen — indessen stimmt dieses Maass nur für die Majorität, die mittelgrossen (75 %); die 12,5 % betragenden grossen Blutkörperchen messen von 7,8 μ bis 9 μ, die ebenfalls 12,5 % betragenden kleinen von 7,2 μ bis 6 μ. Ausserdem findet sich noch eine geringe Anzahl von ausnahmsweise grossen Blutkörperchen, Riesenformen (globules géants, HAYEM), die bis 10 μ und vielleicht noch mehr (in pathologischen Verhältnissen bis 12 μ) steigen können, und von ausnahmsweise kleinen, Zwergformen (globules nains, HAYEM), deren Durchmesser bis zu etwa 2,5 μ gefunden wird. Diese Zwergformen lassen gewöhnlich keine Delle erkennen und sind dunkler gefärbt als die mittleren Formen.

Die Dicke der Körperchen beträgt für die mittleren Formen am dicken Rande 2,5 μ, in der Mitte 1,8 μ bis 2 μ (HAYEM).

Was die *nähere Beschaffenheit* der Körperchen anlangt, so sind dieselben ziemlich stark durchsichtig, auf der Oberfläche völlig glatt und gleichmässig und im Inneren durchaus homogen. Sie sind biegsam und weich, so dass sie beim Anstossen an einander oder an andere Gegenstände ihre Form leicht verändern, dabei aber wieder sehr elastisch, denn sobald der Druck aufhört, wird die alte Form sofort wieder angenommen. Dass sie auf ihrer Oberfläche klebrig seien, wie mehrfach behauptet wird (so auch HAYEM), erscheint mir nicht wahrscheinlich. Man sieht bei der Beobachtung des Blutstroms in den Gefässen und auch in einem lebendfrischen Blutpräparate sehr häufig Blutkörperchen zusammenstossen, sich eindrücken und wieder ohne jede Schwierigkeit sich trennen, was bei einer klebrigen Oberfläche nicht möglich wäre. Die Blutkörperchen haben allerdings eine hervorragende Neigung sich in Form von langen Reihen mit ihren platten Seiten auf einander zu legen und so Bildungen entstehen zu lassen, welche mit Geldrollen grosse Aehnlichkeit besitzen (Figur 201 g), aber einmal lassen sich die Rollen bei einem Druck auf das Deckglas ohne Schwierigkeit wieder auflösen und zweitens würde eine klebrige Oberfläche gerade der Bildung solcher regelmässiger Rollen hinderlich sein, da die Körperchen an den verschiedensten Berührungspunkten miteinander verkleben würden. Andere Bilder scheinen allerdings auf den ersten Blick kaum anders als durch eine ziemlich hochgradige Klebrigkeit erklärt werden zu können: man sieht mitunter in dem Blutpräparate Körperchen, welche sich an einem Ende zu einem langen, feinen Stiel verschmälern, mit diesem auf dem Glase des Objectträgers festhaften und durch den Strom des Blutes zu einer lang-

ovalen Form ausgezogen sind (Figur 202 Br²); lässt die Geschwindigkeit des Blutstromes nach, so nehmen die Körperchen wieder eine mehr kreisförmige Gestalt an, von dem Rande geht an einer Stelle der feine Fortsatz senkrecht nach dem Glase herunter und ist so nur schwer wahrnehmbar. Werden solche Körperchen durch einen starken Strom losgerissen, so nehmen sie sofort wieder die Gestalt einer gewöhnlichen Blutscheibe an und beweisen dadurch klärlich ihre ausserordentlich grosse Elasticität. Ebenso findet man mitunter in einem Blutpräparate zwei Körperchen durch ausgezogene lange, feine Fortsätze mit einander verbunden; dieselben befinden sich in einem Blutstrome, der eine Dehnung des Körperchens bewirkt, da das eine derselben wiederum am Glase des Objectträgers festhaftet (Figur 202 Br³). Sieht man genau zu, so findet man stets, dass die beiden Fortsätze sich nicht wirklich berühren, sondern dass zwischen ihnen ein sehr feiner, ganz heller Spalt bleibt (s. Figur). Es muss in diesem sich eine ganz helle, homogene Substanz befinden, welche als Klebemittel die beiden Körperchen zusammenhält. Wird der Strom so stark, dass die Kraft dieses Klebemittels überwunden wird, so reissen die Körperchen ganz plötzlich von einander los, nehmen momentan Scheibenform an und fliessen mit den übrigen weiter. Nun findet man aber weiter auch Körperchen, welche an kleinen, unscheinbaren, ganz hellen, leicht körnigen Gebilden ansitzen, die ihrerseits wieder auf dem Glase aufruhen, und an demselben festgeklebt sind; es sind das die sogenannten „Blutplättchen“, auf welche wir weiter unten noch einzugehen haben werden. Dieselben bestehen in der That aus einer sehr klebrigen Substanz. Wie Figur 202 Br¹ es zeigt, haftet ein in einen Stiel ausgezogenes Körperchen unmittelbar an der Oberfläche eines solchen Blutplättchens, von dem übrigens



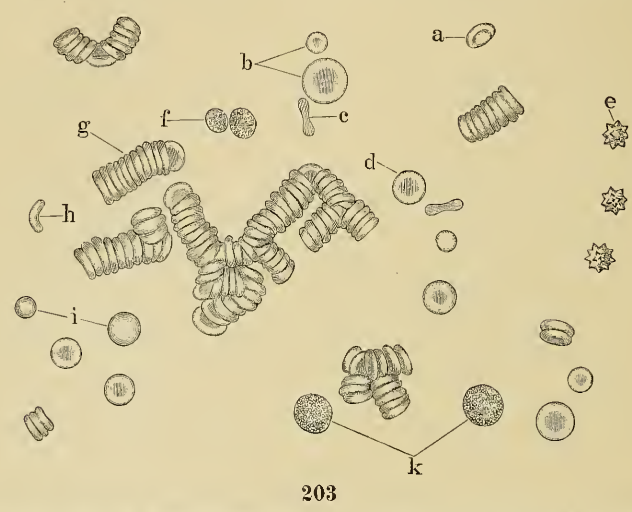
202

Aus frischem menschlichem Blute, ohne Zusatz. Vergr. 700. Br = Conturen von normalen rothen Blutkörperchen mittlerer Grösse; Br¹ = rothes Blutkörperchen (Contur) an einem auf dem Glase des Objectträgers festhaftenden Blutplättchen angeklebt und durch eine Strömung im Präparate gedehnt und in einen Fortsatz ausgezogen; Br² = rothes Blutkörperchen, ebenso, scheinbar direct am Glase haftend; Br³ = ein rothes Blutkörperchen, ebenso, scheinbar direct am Glase haftend, ausgezogen, an ihm ein anderes rothes Blutkörperchen haftend, auch ausgezogen; Bw¹ = kleine weisse Blutkörperchen der ersten Gruppe, eines zeigt einen deutlichen, einfachen Kern; Bw² = weisses Blutkörperchen der zweiten Gruppe; Bw³ = eines der dritten Gruppe; Bp = Blutplättchen, noch ganz oder fast ganz normal; Bp¹ = Blutplättchen, schon mehr verändert, mit feinen Fortsätzen; Bp² = mehrere Blutplättchen zusammengeflossen mit feinen Fortsätzen.

auch oft feine Fortsätze ausgehen. Durch einen stärkeren Strom wird nun das rothe Körperchen leicht losgerissen, und es ist wohl nicht unwahrscheinlich, dass dabei eine kleine Menge der klebrigen Substanz des Blutplättchens an ihm haften bleibt. Dann ist dieser Theil der Blutscheibe mit einem kräftigen Klebemittel versehen und vermag natürlich auch an anderen Körperchen oder an dem Glase zu haften; so können dann jene in Br ^{2} und Br ^{3} dargestellten Verbindungen zu Stande kommen. Auch wäre es denkbar, dass diese Verbindungen direct durch ein Blutplättchen hergestellt worden wären, das später zerfallen ist — wie wir sehen werden, zerfallen diese Gebilde sehr leicht und schnell — doch ist mir dies deshalb nicht ganz wahrscheinlich, weil man bei diesem Zerfalle zunächst noch längere Zeit eine feinkörnige Masse findet, die in den beschriebenen Verbindungen durchaus fehlt. In dem innerhalb der Gefässe strömenden Blute sind die eben beschriebenen Anklebebilder nicht zu beobachten. Auch dieser Umstand spricht für die Mitwirkung der Blutplättchen, denn diese werden erst ausserhalb des Gefässes so eigenthümlich klebrig.

Die rothen Blutkörperchen sind ungemein leicht veränderliche Gebilde, die auf die geringste physikalische oder chemische Veränderung der umgebenden Flüssigkeit mit Veränderungen ihrer Form oder Beschaffenheit reagiren. Die Form zeigt als erste Veränderungen Schrumpfungs- und Quellungserscheinungen, die Beschaffenheit ändert sich zunächst durch Austreten des Blutfarbstoffs. Bei einem Präparate von frischem Blute findet man sehr schnell eine Veränderung derjenigen rothen Körperchen, welche an den Randpartieen sich befinden. Sie zeigen die sogenannte Stechapfelform (Figur 203 e), d. h. sie sind im Durchmesser etwas kleiner, dabei mehr kugelig geworden und auf der ganzen Oberfläche bedeckt mit einer grösseren Anzahl von stachelähnlichen Hervorragungen. Die Färbung ist intensiver als bei den normalen Körperchen. Die Form ist unverkennbar entstanden durch eine Wasserentziehung, wie sie an den Randtheilen der Präparate ja zunächst zum Ausdruck kommen muss: die Formveränderung ist eine einfache Schrumpfung. Diesem Zustande entspricht die Kugelform des Körperchens (Figur 203 i), welche bei leichter Quellung in Folge einer geringen Verdünnung des Plasmas eintritt. Die Kugel ist derjenige Körper, welcher den grössten Inhalt im Verhältnisse zur Oberfläche besitzt, in sie wandelt sich daher die Scheibe zunächst um. Bei zunehmender Verdünnung des Plasmas und damit steigendem Wassereintritt in das Körperchen beginnt aber

eine Lösung des Blutfarbstoffs, derselbe tritt aus dem Körperchen in das Plasma aus, dieses wird diffus gelb-grünlich gefärbt, jenes wird hell, das Blut wird „lackfarbig". Die Körperchen werden dabei so hell, dass man sie nur noch bei sehr aufmerksamer Betrachtung als zartconturirte Gebilde zu erkennen vermag. Bei den kern-



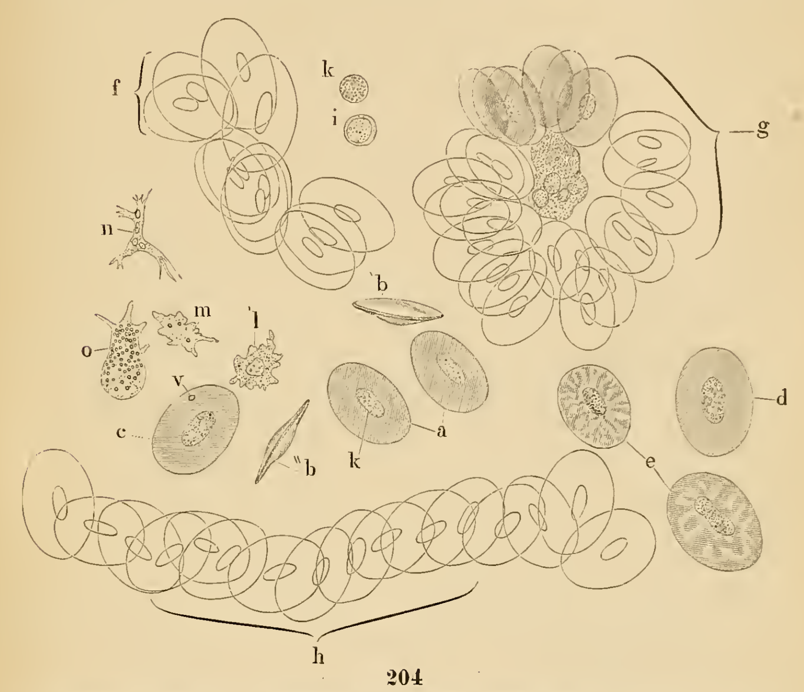
203

Körperchen aus frischem menschlichem Blute, ohne Zusatz. Vergr. 600. a = rothes Blutkörperchen leicht nach einer Seite durchgebogen; b = ein grosses und ein kleines rothes Blutkörperchen; c = ein rothes Blutkörperchen von der Kante gesehen, im optischen Durchschnitte durch seine Mitte: Biscuitform; d = mittelgrosses rothes Blutkörperchen; e = Stechapfelformen; f = kleine weisse Blutkörperchen, Kern nicht sichtbar; g = Geldrollenanordnung der rothen Blutkörperchen; h = rothes Blutkörperchen von der Kante gesehen, leicht gebogen; i = rothe Blutkörperchen, kugelig gequollen; k = grössere Formen von weissen Blutkörperchen, Kern nicht sichtbar.

haltigen Blutkörperchen der niederen Thiere sieht man einen ungemein zarten, hellen Hof um den deutlich hervortretenden Kern. Ein solcher Austritt des Blutfarbstoffs kann durch sehr verschiedene Mittel herbeigeführt werden, durch Zusatz von Wasser, von verdünnten Säuren, durch wiederholtes Frieren und Wiederaufthauen, durch Zuleitung von elektrischen Schlägen. Verdünnte Kalilauge lässt ebenfalls den Farbstoff austreten, zerstört aber dabei zugleich die Körperchen.

Die rothen Blutkörperchen der Säugethiere ausser dem Menschen sind ganz ähnlich beschaffen, weichen aber in der Grösse mehr oder weniger ab, diejenigen der kameelartigen Thiere (Kameel, Lama) sind dagegen elliptisch. Der Mensch hat relativ sehr grosse Körperchen, grösser sind nur die des Elephanten, des Walrosses und der Edentaten. Nähere Angaben enthält die weiter unten stehende Tabelle.

Die rothen Blutkörperchen der übrigen Wirbelthiere sind elliptisch und kernhaltig, nur die von Petromyzon sind kreisförmige Scheiben ähnlich denen der Säuger, aber kernhaltig. Als Beispiel mögen die Körperchen des Froschblutes dienen. Wie Figur 204 es darstellt, sind dieselben elliptische, sehr zarte, homo-



204

Aus frischem Froschblute, ohne Zusatz. Vergr. 600. a = normale rothe Blutkörperchen, der Kern (k) tritt schon deutlicher hervor als ganz dem normalen Zustande entspricht (d ebenso nur grösser); `b = rothes Blutkörperchen schräg von der Fläche gesehen, leicht durchgebogen, ``b = von der Kante gesehen, in beiden tritt die durch den Kern hervorgebrachte Verdickung deutlich hervor; c = rothes Blutkörperchen mit Vacuole (v); e = rothe Blutkörperchen verschiedener Grösse mit Eintrocknungserscheinungen; f = Zusammenlagerung rother Blutkörperchen (Contur); g = Lagerung rother Blutkörperchen um einen Haufen von veränderten Blutplättchen; h = reihenweise Zusammenlagerung; i, k = kleine weisse Blutkörperchen, von denen eines den Kern erkennen lässt; l = weisses amöboides Blutkörperchen mit deutlichem Kern; m = solches ohne sichtbaren Kern mit wenigen Körnchen; n = ein amöboides weisses Blutkörperchen mit scheinbar vier Kernen (wahrscheinlich ein tiefgelappter Kern); o = ein solches mit vielen glänzenden Körnchen.

gene, durchsichtige Scheiben, welche, wie die Kantenansichten lehren, in der Mitte eine Verdickung besitzen, in welcher der Kern liegt, der ebenfalls elliptisch ist. In ganz frischem Blute ist von dem Kern kaum etwas zu sehen, nur hin und wieder bemerkt man ganz zarte Andeutungen desselben. Er erscheint ungefärbt, weiss, im Gegensatze zu dem gelb-grünlich gefärbten Zellleibe und dabei äusserst

zart. Später tritt der Kern allmählich deutlicher hervor (d), doch ist die Contur noch immer sehr zart. Sehr leicht kommt es zum Auftreten von kleinen Vacuolen im Zellleibe (c mit v) und bei solchen Körperchen, die mehr am Rande liegen, zu Eintrocknungserscheinungen, die sich in diesem Falle durch eine leichte radiäre Streifung (Faltung) kundgeben (e), niemals in der bei den Säugethierkörperchen so leicht sichtbaren Stechapfelform. Auch die Körperchen des Froschblutes sind sehr elastisch und ebensowenig klebrig als die der Säuger. Ein solches Zusammenkleben resp. Ankleben am Glase wie bei den letzteren sieht man nicht, da die Blutplättchen, falls wirklich derartige diesen homologe Gebilde existiren, hier von anderer Beschaffenheit sind. Sehr häufig beobachtet man Zusammenlagerungen in mehr oder minder deutlichen Reihen (h, f) oder kreisförmige Anordnungen um eine eigenthümlich körnige, weisse Masse (g), auf die wir noch weiter unten einzugehen haben werden.

In Bezug auf Reactionen verhalten sich diese Körperchen ganz ähnlich wie die der Säuger, nur dass hier natürlich der Kern durch Reagentienwirkung und Färbung eventuell deutlich hervortritt.

Die Körperchen des Frosches sind, wie schon die Abbildung lehrt, erheblich grösser als die des Menschen. Nach Hayem beträgt für Rana viridis die mittlere Länge 21,70 μ bis 27,20 μ, die mittlere Breite 16,30 μ, — so waren sie für die Beobachtung weit günstiger, zumal das Blut als das eines Kaltblüters, nicht auf einem erwärmten Objectträger untersucht zu werden brauchte, und so haben sie denn auch hauptsächlich zu Studien über den feineren Bau gedient.

Der *feinere Bau, die Structur* der rothen Blutkörperchen ist trotz vieler darauf gerichteter Untersuchungen noch nicht so genau bekannt, dass man irgendwie sicheres darüber auszusagen vermöchte. Unsere neueren Anschauungen über den Bau einer Zelle führen dazu anzunehmen, dass eine, wenn auch modificirte Protoplasmastructur in dem Körperchen enthalten sein wird, zu dieser kommt dann jedenfalls noch, als ein besonderes Differenzirungsproduct, der Blutfarbstoff. Die beobachteten Thatsachen sprechen nun im wesentlichen auch für einen derartigen Aufbau, ohne aber viel näheres zu ergeben. Rollett gelangte 1862 (11, XLVI, II. Abthlg. und 1863, 74, IX) zu der Anschauung, dass die rothen Blutkörperchen membranlos seien, der Hauptmasse nach aus einer weichen, elastisch-dehnbaren Substanz beständen, und dass man ein festeres „Stroma“ und den krystallisirenden Farbstoff zu unterscheiden hätte. Noch weiter ging Brücke (1867, 11, LVI, II. Abthlg.), der nach Untersuchungen an Tritonblut

ebenfalls eine Hülle verwarf und als festere, formerhaltende Grundlage eine farblose, sehr weiche, glashelle, nach aussen von glatter Oberfläche begrenzte Scheibe annahm, das „Oekoid“, welches sehr porös war, und in dessen Lücken eine andere den Farbstoff enthaltende Substanz, das „Zooid“ sich eingelagert befand, die das eigentlich thätige Zellelement darstellte und in der sich natürlich auch der Kern befand. Demgegenüber hielten NEUMANN (15, 1865, 1867) und KÖLLIKER (Handb. 5. Aufl. 1867) an der Membran fest. HENSEN (12, XI) und KOLLMANN (12, XXIII und 33, 1873) kamen zur Annahme von Protoplasma und Membran und EHRLICH (79, X, 1885) nimmt als Grundlage ein lebendiges Protoplasma, das „Diskoplasma“ an, welches die Ursache der Erhaltung und Leistungsfähigkeit des Hämoglobins sei. Nach FOÀ (80, V) ist der Bau ein recht complicirter und ebenfalls Protoplasma vorhanden. Mir will indessen scheinen, dass der Nachweis dieses keinem der Beobachter bis jetzt gelungen ist. Auch AUERBACH (16, V) nimmt zwei verschiedene Substanzen in den Amphibien-Blutkörperchen an, und ausserdem eine sehr elastische, feste Umhüllungsmembran. Die eine dieser Substanzen enthält speziell das Hämoglobin. Die Lagerung derselben und ihre Beziehungen zu einander bleiben indessen auch ihm dunkel.

Wenn ich die Meinungen der Autoren und das, was ich selbst gesehen habe, zusammenfasse, so scheint mir sicher zu sein, dass man in dem rothen Blutkörperchen einmal ein festeres Gefüge annehmen muss, das die Form erhält. Man kann dieses sehr wohl mit ROLLETT als „Stroma“ bezeichnen, ohne gerade die Deutung als Oekoid (BRÜCKE) anzunehmen. Dieses Stroma muss eine gewisse Festigkeit besitzen, dabei eine grosse Dehnungsfähigkeit und Elasticität, es muss in allen Blutkörperchen desselben Thiers einen sehr übereinstimmenden Bau haben, sonst ist die ausserordentlich grosse Aehnlichkeit der Formen resp. die Gleichheit derselben nicht zu verstehen. Wie dieses Stroma im Näheren gestaltet ist, ob es netzförmig, schwammartig etc. gebaut ist, darüber vermag man genaueres nicht auszusagen. Aus den Angaben der Chemiker (vergl. Capitel XI), dass bei den menschlichen Blutkörperchen der Blutfarbstoff 95,5 $^0/_0$ aller organischen Bestandtheile ausmacht, geht hervor, dass die Masse des Stromas nur sehr gering sein kann. Die Wirkung der Wasserentziehung lässt auf einen radiären Bau schliessen, wenn man die Stechapfelform bei den Säugethierkörperchen und die eigenthümlichen radiären Faltungen bei dem Amphibienblut in Betracht zieht. Ausser diesem Stroma muss noch eine mehr Wasser ent-

haltende Substanz vorhanden sein; das lehren wieder die Eintrocknungserscheinungen. Auch diese Substanz kann indessen nicht sehr reich an Wasser sein, denn die rothen Blutkörperchen enthalten weniger Wasser als die meisten Organe des menschlichen Körpers, müssen also im Ganzen relativ fest sein. Dagegen scheint dieselbe eine grosse Neigung zu besitzen, Wasser aufzunehmen und zu quellen, wie das bei jeder Verdünnung des Plasmas hervortritt. Bei der Quellung zeigt sich die formerhaltende Kraft des Stromas nicht stark genug, um die Form aufrecht zu erhalten. Wie sich zu diesen beiden Substanzen das Hämoglobin verhält, scheint mir noch nicht genauer ergründbar, doch dürfte es mit der Substanz des Stromas nicht verbunden sein. Jedenfalls kann Wasser entzogen werden, ohne dass das Hämoglobin mit herausgeht, im Gegentheile erweist sich die Quellung als schädlicher, wobei freilich nicht ausser Acht zu lassen ist, dass bei derselben wohl sicher ein Absterben eintritt und so alle Verhältnisse wesentlich andere werden, namentlich auch die Beschaffenheit der Oberfläche. Was diese anlangt, so scheint es mir nicht denkbar, dass hier nicht eine festere Aussenschicht vorhanden sei. Ich gebrauche ausdrücklich dieses Wort und nicht „Membran“, denn eine solche ist nicht sicher nachzuweisen. Nach Reagentien beobachtet man ja sehr häufig eine Membran, aber diese kann nicht nur sehr leicht Kunstproduct sein, sondern ist es wahrscheinlich. Wenn man sieht, wie leicht sonst an Zellen nach einfachem Wasserzusatze Membranen auftreten, z. B. beim Blute selbst an den Leukocyten, so ist es ganz wohl denkbar, dass auch relativ indifferente Flüssigkeiten bei so leicht veränderlichen Elementen solche erzeugen. Was im ganz frischen Blute entschieden für eine festere Aussenschicht spricht, ist die absolute Glätte der Oberflächencontur. Sieht man andererseits, wie leicht sich aus rothen Blutkörperchen ganz lange feine Fortsätze ausziehen, die mit der Elasticität eines Gummifadens zurückschnellen, so muss man sagen, dass diese Aussenschicht nur sehr zart sein kann, dass sie mit dem formerhaltenden Stroma unmittelbar verbunden sein und dass sie gleich diesem eine sehr bedeutende Elasticität besitzen muss. Identisch mit ihm kann sie nicht sein, denn sonst wäre es nicht zu verstehen, wie dasselbe Reagens eine Auflösung oder wenigstens starke Dehnung resp. Zerreissung des Stromas im Inneren bei Bildung einer deutlichen Membran bewirken kann, was öfters vorkommt. Ob diese Aussenschicht nun auf den Durchtritt des Hämoglobins von Einfluss ist, was ja wohl denkbar wäre, ob sie als eine Art von Rinde auf-

zufassen ist, ähnlich der von mir angenommenen „Axencylinderrinde", das lässt sich vorläufig nicht sagen.

Ob ein Blutkörperchen im ausgebildeten Zustande wirklich noch Protoplasma enthält, d. h. einen Zellleibüberrest, der ev. wieder die Thätigkeit einer jungen Zelle auszuüben vermag oder doch wenigstens ähnlich dem Sarkoplasma für die differenzirten Theile sorgt, das scheint mir auch noch nicht entscheidbar, für die kernhaltigen Körperchen aber wahrscheinlicher als für die kernlosen, die den Werth einer Zelle ja doch verloren haben.

Der Kern der rothen Blutkörperchen, Theilungs- und Entwickelungsformen. Bei den ausgebildeten kernhaltigen Blutkörperchen befindet sich der Kern im Ruhezustande und lässt bei geeigneter Behandlung ein Kernnetz erkennen (Flemming, Török 1, XXXII). Auch ein Kernkörperchen ist von Ranvier nachgewiesen worden.

Die Jugendformen aller rothen Blutkörperchen, auch der kernlosen, sind kernhaltig und zeigen in diesem Zustande sehr reichlich mitotische Theilungen. Solche Jugendformen finden sich zunächst natürlich beim Embryo, bei welchem zu einer bestimmten Zeit der Entwickelung sämmtliche im Blute vorhandenen Körperchen auch bei den Säugern Kerne besitzen. Mit der fortschreitenden Entwickelung nehmen bei den Säugern die kernhaltigen Körperchen in den Gefässen des Gesammtkörpers mehr und mehr an Menge ab und finden sich nur noch an bestimmten Stellen, ebenso natürlich die Mitosen. Nach den Angaben von Hayem findet man beim neugeborenen Kaninchen noch einige wenige kernhaltige rothe Blutkörperchen zwischen den sonst schon völlig ausgebildeten kernlosen. Beim Hunde ist dagegen ein gewisser Procentsatz von kernhaltigen Körperchen noch während der ersten 14 bis 30 Tage, mitunter auch noch länger nachweisbar. Beim Menschen hinwiederum ist im 4. Embryonalmonat das Blut schon sehr reich an völlig ausgebildeten rothen Blutkörperchen und im 6. Monate findet man nur noch sehr wenige kernhaltige. Vom 7. Monate an führt das Blut nur noch die gewöhnlichen kernlosen Formen. E. Neumann (92, 1871) hat dagegen kernhaltige Blutkörperchen in dem Blute des linken Herzens noch bei reifen neugeborenen Kindern nachgewiesen. Bei einem 16 Tage alten Kinde waren sie nicht mehr vorhanden. Weiterhin und beim Erwachsenen — und das gilt auch sonst von den untersuchten Säugern — finden sich diese Jugendformen und die Mitosen nur im Knochenmarke, und zwar wesentlich im rothen, im gelben weit weniger oder gar nicht (E. Neumann 42, 1868; 92, X, 1869; 155, III, 1881; Bizzozero

und Torre 8, Bd. XCV). Nach Löwit (14, Bd. XCV, p. 151) soll allerdings in der Vena cava sup. sin. und dem rechten Herzen des erwachsenen Kaninchens eine wechselnde Zahl von „gekernten rothen Blutkörperchen“ vorhanden sein, die wohl zu unterscheiden sind von den „kernhaltigen“ des Knochenmarks und in denen auf bestimmte Weise ein Kern resp. ein Kernrest sich nachweisen lassen soll. Es erscheint indessen noch durchaus zweifelhaft, ob hier wirklich ein Kern oder Kernrest vorliegt (s. auch das Capitel über „Blutbildung“).

Bei den übrigen Thieren, welche stets kernhaltige Körperchen besitzen, vermag man unter diesen doch Jugendformen und erwachsene unschwer zu unterscheiden. Die ersteren sind zuerst mehr kreisförmig, zeigen nur einen ganz schwachen, leicht gefärbten Hof um den runden Kern, werden dann allmählich grösser, mehr elliptisch etc. Auch hier ist hauptsächlich das Knochenmark die Stelle, an welcher diese Jugendformen und die Mitosen sich finden (Bizzozero und Torre 8, Bd. XCV), so bei den Vögeln, den Reptilien und den ungeschwänzten Amphibien. Bei den geschwänzten Amphibien tritt die Milz dafür ein und bei den Fischen ausser der Milz auch noch jenes lymphoide Parenchym, welches bei ihnen einen mehr oder weniger grossen Theil der Niere einnimmt. Bei einer Anzahl von Thieren scheint nach grösseren Blutverlusten auch die Milz wieder neben dem Knochenmarke zu einer Stätte für junge Blutkörperchen und Mitosen werden zu können (s. deswegen das Capitel über „Blutbildung“). Weiterhin zeigen nun die niederen Wirbelthiere: Fische, Amphibien und Reptilien noch das Besondere, dass bei ihnen sich das Blut im erwachsenen Zustande dem der Embryonen der höheren Thiere insofern ähnlich verhält als im circulirenden Blute sich eine grössere oder geringere Menge von Jugendformen und Mitosen finden, doch stets erheblich weniger als in den eben angegebenen Organen.

Nach jeder Blutentziehung nimmt die Menge der Jugendformen und Mitosen zu, bei Ernährungsstörungen ab.

Die weissen Blutkörperchen, Blut-Leukocyten („amibocytes“ Cuénot 93, 1889). Die weissen, farblosen Blutkörperchen gehören zu jener Gruppe, die man als „lymphoide Zellen“ oder „Leukocyten“ (im weiteren Sinne) bezeichnen kann. Es befinden sich in dieser noch weiter: die Zellen der Lymphe und der Lymphdrüsen, bestimmte Zellen des Knochenmarks, die Wanderzellen, Zellen in Thymus und Milz. Aus ihnen leiten sich ab die Speichelkörperchen und Eiterzellen, Eiterkörperchen. Das diesen Zellen Cha-

rakteristische ist, dass sie membranlose, protoplasmatische, kernhaltige Gebilde sind, welche meist die Fähigkeit amöboider Bewegung besitzen und demgemäss von der ruhenden Form, der Kugel, aus alle möglichen, mitunter seltsam grotesken Formen anzunehmen vermögen.

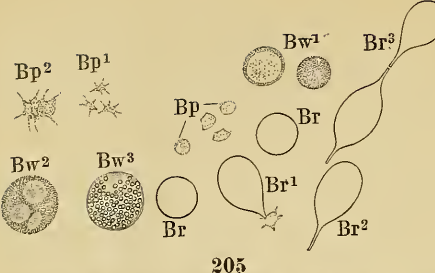
Gemäss der Grösse der rothen Blutkörperchen sind die weissen der Säuger und des Menschen gewöhnlich grösser, die der anderen Wirbelthiere häufig kleiner als die rothen (vergl. die Figuren 203 und 204).

Im *Blutstrome* befinden sich die weissen Blutkörperchen meist in dem Randstrome, nahe der Zellwand, während die rothen in dem schneller fliessenden Centralstrome liegen. Es besteht ferner für die weissen die Möglichkeit, das Gefäss zu verlassen, indem sie durch die dünne Endothelwand der Capillaren und zwar durch die Kittsubstanz zwischen den Zellen hindurchtreten (Diapedesis). Der Vorgang scheint hierbei so zu sein, dass zuerst ein dünner Fortsatz des sich amöboid bewegenden Körperchens den Weg bahnt, auf welchem dann der übrige Leib langsam nachfliesst. Nach LAVDOWSKY (46, anat. Th. 1883) kann bei Auswanderung einer grösseren Anzahl von solchen Zellen die Oeffnung zwischen den Endothelien, welche sich nicht sofort wieder schliesst, so gross werden, dass passiv auch rothe Blutkörperchen hindurchgedrängt werden, und so aus dem scheinbar unverletzten Gefässe austreten.

Grösse und Beschaffenheit. Betrachtet man die weissen Blutkörperchen des lebendfrischen Blutes näher, so findet man leicht, dass dieselben Verschiedenheiten aufweisen, welche erlauben, sie in drei Gruppen zu bringen, wie auch HAYEM das gethan hat. M. SCHULTZE (1, I) unterschied vier Gruppen, doch sind, abgesehen davon, dass die Gruppen überhaupt nicht scharf getrennte Arten von Körperchen enthalten, die beiden ersten einander sehr ähnlich.

Die Körperchen der ersten Gruppe sind die kleinsten, kleiner oder ebenso gross als die rothen Blutkörperchen, mit einem Durchmesser von etwa 5 bis 7,5 μ. Figur 205 Bw[1] zeigt ein ziemlich grosses derartiges Körperchen, daneben ein kleineres, in welchem der Kern nicht hervortritt. Der Kern ist relativ sehr gross, einheitlich rundlich, der sehr kleine Zellleib entweder ganz leicht oder etwas deutlicher granulirt. Diese Körperchen zeigen entweder keine amöboiden Bewegungen (die kleineren) oder doch nicht sehr starke (die grösseren).

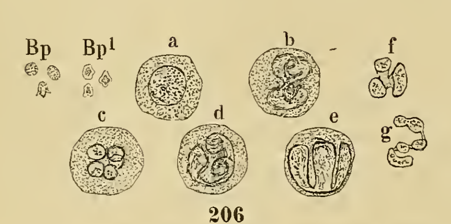
Die Zellen der zweiten Gruppe sind wenigstens ebenso gross



205

Aus frischem menschlichem Blute, ohne Zusatz. Vergr. 700. Br = Conturen von normalen rothen Blutkörperchen mittlerer Grösse; Br¹ = rothes Blutkörperchen (Contur) an einem auf dem Glase des Objectträgers festhaftenden Blutplättchen angeklebt und durch eine Strömung im Präparate gedehnt und in einen Fortsatz ausgezogen; Br² = rothes Blutkörperchen, ebenso, scheinbar direct am Glase haftend; Br³ = ein rothes Blutkörperchen, ebenso, scheinbar direct am Glase haftend, ausgezogen, an ihm ein anderes rothes Blutkörperchen haftend, auch ausgezogen; Bw¹ = kleine weisse Blutkörperchen der ersten Gruppe, eines zeigt einen deutlichen, einfachen Kern; Bw² = weisses Blutkörperchen der zweiten Gruppe; Bw³ = eines der dritten Gruppe; Bp = Blutplättchen, noch ganz oder fast ganz normal; Bp¹ = Blutplättchen, schon mehr verändert, mit feinen Fortsätzen; Bp² = mehrere Blutplättchen zusammengeflossen mit feinen Fortsätzen.

als die rothen, meist aber grösser, mit einem Durchmesser von 7,5 bis 10 μ und wohl noch mehr und bilden bei weitem die Majorität. Sie sind deutlich granulirt und lassen zunächst oft gar keinen Kern erkennen. Bei genauerer Beobachtung bemerkt man indessen bald sehr zarte, mehr homogen erscheinende Partieen, eine oder mehrere: die Andeutungen des Kerns (Figur 205 Bw²). Behandelt man ein Blutpräparat mit HERMANN'scher Lösung (Platinchlorid - Osmium - Essigsäure), so erhält man Bilder, wie sie Figur 206 wiedergiebt. Man sieht, dass der Kern entweder einfach, mehr kugelig, sein kann (a) oder mehr oder weniger stark gelappt, oft zu den wunderlichsten Formen auseinandergezogen (b, d, e) oder endlich, dass eine Anzahl von kleinen Kernen vorhanden sein kann (c). Diese vielkernigen Formen sind im Ganzen ziemlich selten, die meisten Zellen besitzen einen tiefgelappten Kern, der aber oft den Eindruck von vielen Kernen macht, da die feinen Verbindungen nicht immer leicht zu sehen sind. Ein gutes Reagens hierfür ist die eben genannte HERMANN-sche Lösung, will man indessen, was zur grösseren Klarheit sehr zu empfehlen ist, die gelappten Kerne ganz für sich darstellen, so mische man einfach ein Tröpfchen Blut auf dem Objectträger mit Eisessig (nach MAYET 41, CX p. 475:

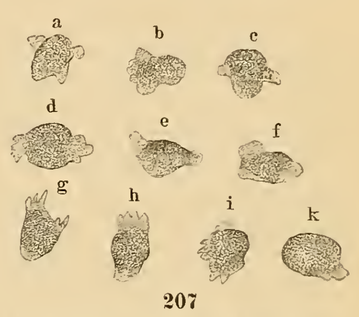


206

a, b, c, d, e = weisse Blutkörperchen des Menschen aus einem Tropfen Blut, der auf dem Objectträger direct mit HERMANN'S: Platinchlorid-Osmium-Essigsäure gemischt worden war; a mit einfachem Kern; c mit mehreren Kernen; b, d, e mit verschieden geformten, tief gelappten Kernen; Bp = Blutplättchen aus demselben Tropfen, gut conservirt (nur eines zeigt schon Fortsätze); Bp¹ = Blutplättchen, die einen schmalen Hof zeigen (nicht gut conservirt); f und g = tief gelappte Kerne aus einem Präparate von menschlichem Blute, bei dem der Tropfen auf dem Objectträger direct mit Eisessig gemischt worden war. Bei a—g ist die Vergrösserung: 1000, bei Bp und Bp¹: 700.

1 Theil Blut zu 3 Th. Säure), es wird dann der protoplasmatische Zellleib völlig gelöst, die rothen Blutkörperchen werden unscheinbar und die Blutplättchen verschwinden gleichfalls und man sieht nur noch die gelappten Kerne für sich umherschwimmen, wie solche in Figur 206 f und g dargestellt sind. Die vielkernigen Zellen würde man hierbei nicht studiren können, da die Kerne derselben bei Zerstörung des Zellleibes sich von einander trennen würden. Die Vielkernigkeit ist wahrscheinlich eine Degenerationserscheinung, also ein Zerfall des Kerns.

Die Zellen dieser Gruppe zeigen die lebhaftesten amöboiden Bewegungen. Man vermag dieselben im menschlichen Blute bei ganz frischen Präparaten auch im abgekühlten Zustande (Stubentemperatur) wahrzunehmen, sieht sie aber weit lebhafter auf dem erwärmten Objecttische bei Körpertemperatur oder noch lebhafter, aber weniger lange dauernd, bei einer Temperatur von 38 bis 40° C. Figur 207 zeigt die Formen, welche ein menschliches weisses Blutkörperchen während einer Viertelstunde bei Stubentemperatur annahm. Ein Kern war hier nicht wahrzunehmen. Man erkennt leicht, wie die ausgeschickten Fortsätze zunächst ganz homogen sind, während die granulirte Masse im wesentlichen central bleibt und erst später nachrückt. Derartige Blutkörperchen vom Frosche sieht man in Figur 204 l, m, n, in letzterem bemerkt man, dass der Kern in viere zerfallen zu sein scheint, es ist indessen wahrscheinlich, dass auch hier nur ein hoher Grad von Lappung vorliegt.



207

Formveränderungen eines weissen menschlichen Blutkörperchens, welche dasselbe innerhalb 15 Minuten bei Stubentemperatur zeigte. Tropfen frischen Blutes ohne Zusatz.

Die Zellen der d r i t t e n G r u p p e endlich sind den vorigen im ganzen ähnlich, zeichnen sich aber dadurch aus, dass sie eine grössere oder geringere Menge von glänzenden, stark lichtbrechenden Körnchen enthalten, welche das eigentliche Protoplasma und den Kern oft fast ganz verdecken (Figur 205 Bw³ und Figur 204 o). Welche Bedeutung diesen „Körnchenzellen" zukommt, ist noch nicht klar. Sie sind im ganzen in geringer Menge vorhanden und zeigen auch amöboide Bewegung, doch ist dieselbe langsamer als bei den vorigen.

Nach Löwit (14, Bd. XCV p. 129 ff.) ist das Zahlenverhältniss der einkernigen und mehrkernigen Leukocyten in bestimmten Gefäss-

gebieten wechselnd (die mit stark gelappten Kernen werden dabei zum grössten Theile wohl als mehrkernige angesehen). Die letzteren überwiegen im ganzen arteriellen Gebiet, wogegen in bestimmten Venengebieten, welche das aus dem Knochenmarke und der Milz abfliessende Blut führen oder in welche die grösseren Lymphstämme einmünden, die Procentzahl der einkernigen bedeutend steigt, ja sogar die Anzahl der mehrkernigen übertreffen kann. Im rechten Herzen soll die Zahl der einkernigen Leukocyten noch beträchtlich höher sein als im linken, in welchem sie sich bereits der im sonstigen arteriellen Blute vorhandenen nähert. Es würden daher nach Löwit die einkernigen Formen dem Blute fortdauernd durch die Lymphe und das aus Milz und Knochenmark herkommende Blut zugeführt und im Venenblute in mehrkernige (resp. mit gelappten Kernen versehene) Formen umgewandelt werden, die als degenerirende anzusehen sein würden.

Löwit hat ferner die Behauptung aufgestellt, dass man unter den Leukocyten der Lymphe und des Blutes zwei wesentlich verschiedene Formen zu unterscheiden habe: die Leukoblasten, welche die gewöhnlichen weissen Blutkörperchen darstellen und die Erythroblasten, aus denen rothe Blutkörperchen hervorgehen sollen (s. „Lymphe“ und das Capitel über „Blutbildung“). Die letzteren würden sich im Blute in solchen Gefässgebieten vorfinden, welche zu der Lymphe oder zu Blutzellen bildenden Organen in näherer Beziehung stehen, so sollen sich auch viele Erythroblasten in der Vena cava sup., Vena portae, im rechten Herzen finden.

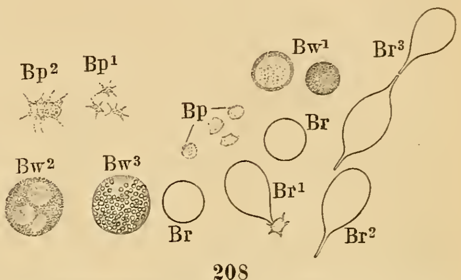
Dieser Theorie Löwit's stehen indessen auch schwer wiegende Bedenken gegenüber (s. „Blutbildung“).

Nach Ehrlich färben sich in den Leukocyten vorhandene Körnchen mit Anilinfarbstoffen derartig verschieden, dass man darnach eine Eintheilung aufzustellen vermag. Die einen Zellen färben sich mit sauren Farbstoffen: „acidophile, eosinophile Zellen“ (im normalen Blute selten), die anderen mit neutralen Farbstoffen: „neutrophile Zellen“ (die meisten ein- und vielkernigen Formen des normalen Blutes), eine dritte Art endlich, die sich mit basischen Farbstoffen färbt: „basophile“, „Mastzellen“, fehlt im normalen Blute des Menschen, findet sich aber bei Thieren: Frosch.

In mit Wasser verdünntem Blute werden die Leukocyten kugelig, umgeben sich mit einer Membran und zeigen eine tanzende Bewegung der in ihnen befindlichen Körnchen ganz entsprechend den sogenannten „Speichelkörperchen“ (s. unten).

Vermehrung. Sehr wichtig ist, dass es Spronck (88) gelungen ist, nachzuweisen, dass im strömenden Säugethierblute (Mensch, Kaninchen) sich fortdauernd Mitosen der Leukocyten finden und zwar fast 2 pro Mille. Es würden sich demnach, gemäss Spronck, im Blute des erwachsenen Kaninchens in jedem Augenblicke etwa 1 Million Leukocyten in Mitose befinden, so dass in 24 Stunden ein Zwanzigstel aller im Blute vorhandenen Leukocyten auf diese Weise erneuert werden könnte.

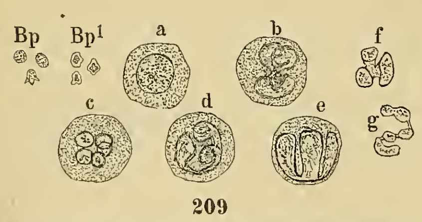
Die Blutplättchen (Bizzozero), **Blutscheibchen** (Laker)[1]. Die Blutplättchen der Menschen und der Säuger sind kleine, glänzende, kernlose, leicht körnig erscheinende, sehr zarte, ungefärbte Gebilde ganz eigener Art. Wie Figur 208 Bp erkennen lässt, sind sie weit kleiner als die anderen Formelemente, etwa 1,8 μ bis 3,7 μ im Duchmesser, im Durchschnitte wohl 2,5 μ bis 3 μ. Es würden demnach erst drei neben einander den Durchmesser eines rothen Blutkörperchens erreichen. Sie sind äusserst veränderlicher und hinfälliger Natur. In den ersten Sekunden, nachdem der Blutstropfen den Körper verlassen hat, kann man sie noch einigermaassen in ihrer natürlichen Form und Grösse sehen. Sie sind dann meist annähernd kreisförmig oder elliptisch, von der Seite gesehen mehr spindelförmig, also in der Mitte dicker als am Rande, mitunter auch spindelförmig. Biconcave und ähnlich den rothen Körperchen gefärbte Elemente, wie sie Hayem beschreibt, habe ich nie sehen können. Im Blutstrom schwimmen sie nach Angabe der Beobachter bei schneller Strömung in der Mitte zusammen mit den rothen, bei Verlangsamung des Stromes treten sie in den



Aus frischem menschlichem Blute, ohne Zusatz. Vergr. 700. Br = Conturen von normalen rothen Blutkörperchen mittlerer Grösse; Br¹ = rothes Blutkörperchen (Contur) an einem auf dem Glase des Objectträgers festhaftenden Blutplättchen angeklebt und durch eine Strömung im Präparate gedehnt und in einen Fortsatz ausgezogen; Br² = rothes Blutkörperchen, ebenso, scheinbar direct am Glase haftend; Br³ = ein rothes Blutkörperchen, ebenso, scheinbar direct am Glase haftend, ausgezogen, an ihm ein anderes rothes Blutkörperchen haftend, auch ausgezogen; Bw¹ = kleine weisse Blutkörperchen der ersten Gruppe, eines zeigt einen deutlichen, einfachen Kern; Bw² = weisses Blutkörperchen der zweiten Gruppe; Bw³ = eines der dritten Gruppe; Bp = Blutplättchen, noch ganz oder fast ganz normal; Bp¹ = Blutplättchen, schon mehr verändert, mit feinen Fortsätzen; Bp² = mehrere Blutplättchen zusammengeflossen, mit feinen Fortsätzen.

[1]) Eine ausführliche Zusammenstellung der Literatur über diese Gebilde findet man in der Arbeit von Muir (60, XXV, 1891).

Randstrom über. In dem mikroskopischen Präparate schwimmen sie im ersten Moment, falls noch ein ziemliches Strömen vorhanden ist, auch mit den rothen mit, sehr bald aber sinken sie zu Boden und haften an dem Glase. Es spricht dieses für ein relativ hohes specifisches Gewicht und eine grosse Klebrigkeit. Sie haften in der That an dem Glase so fest, dass man leicht ein starkes Strömen wieder einleiten kann, ohne dass sie sich vom Platze bewegen; man sieht sie hierbei gerade sehr gut, wenn man tiefer einstellt als es die strömenden rothen Blutkörperchen erfordern, diese gehen dann wie Schatten über sie hin. Oft werden die rothen aber auch festgehalten, indem sie an der Oberfläche der Blutplättchen festkleben (Figur 208 B r¹) und dann durch den Blutstrom lang ausgezogen werden (vergl. auch p. 360). Die Klebrigkeit der Blutplättchen muss nach Allem sehr gross sein. Im strömenden Blute im Thier soll sie nicht vorhanden sein, doch scheint mir dagegen zu sprechen, dass den Beobachtungen gemäss sich die Blutplättchen massenweise sofort an jeden fremden Körper im Gefäss, an jede Unregelmässigkeit in der begrenzenden Wandung festsetzen (s. auch unten). Ausserhalb des Körpers verändern sich diese Gebilde ungemein schnell, ihre Randcontur wird unregelmässig feinzackig (Figur 208 B p¹), die einzelnen Plättchen kleben an einander und bilden kleinere oder grössere, mitunter ziemlich umfangreiche Haufen (Figur 208 B p², vergl. auch Figur 210). Lässt man einen Tropfen frischen Blutes direct auf dem Objectträger mit HERMANN'scher Lösung sich mischen, so erhält man oft sehr schön conservirte Formen, nur etwas kleiner und dunkler (Figur 209 B p). Nur in seltenen Fällen zeigen die Plättchen hierbei einen schmalen helleren Hof und eine dunkle körnige Mitte (B p¹). Sehr schön fixirte Blutplättchen findet man auch, wenn man das Blut eines Säugethiers direct in eine genügende Menge von einer einprocentigen Lösung der Ueberosmiumsäure hineinträufeln lässt, während man umrührt, um eine schnelle Mischung zu erzielen. Nach diesen Fixirungen hört die Klebrigkeit natürlich auf und



209

a, b, c, d, e = weisse Blutkörperchen des Menschen aus einem Tropfen Blut, der auf dem Objectträger direct mit HERMANN'S: Platinchlorid-Osmium-Essigsäure gemischt worden war; a mit einfachem Kern; c mit mehreren Kernen; b, d, e mit verschieden geformten, tief gelappten Kernen; Bp = Blutplättchen aus demselben Tropfen, gut conservirt (nur eines zeigt schon Fortsätze); Bp¹ = Blutplättchen, die einen schmalen Hof zeigen (nicht gut conservirt); f und g = tief gelappte Kerne aus einem Präparate von menschlichem Blute, bei dem der Tropfen auf dem Objectträger direct mit Eisessig gemischt worden war Bei a—g ist die Vergrösserung: 1000, bei Bp und Bp¹: 700.

bei Anwendung der HERMANN'schen Lösung vermag man, da die rothen Körperchen ganz hell durchsichtig geworden sind, die Zahl der Plättchen sehr schön zu erkennen. Bei Zusatz von Wasser zu dem frischen Blute quellen dieselben zu kleinen hellen Bläschen auf, in denen ein oder zwei kleine, sehr stark glänzende Körnchen liegen. Reagentien und Färbungen gegenüber verhalten sie sich anders als die übrigen Blutelemente und deren Kerne. Ihre Abstammung und Bedeutung sind durchaus dunkel. Die Annahme von HAYEM, dass aus ihnen sich die rothen Blutkörperchen entwickeln sollen (daher seine Bezeichnung „Hématoblastes"), bedarf noch durchaus des zwingenden Beweises. Die Grösse der Blutplättchen wechselt bei den verschiedenen Säugethieren und ebenso ihre Menge bei verschiedenen Zuständen des Blutes. Sicher scheint es zu sein, dass sie bei der Bildung der weissen Thromben die Hauptrolle spielen vermöge ihrer mechanischen Fähigkeit zu kleben. Sie setzen sich bei Verletzungen der Gefässwand sofort massenhaft an die vorspringenden Wandtheile an, ebenso an Fremdkörper. Insofern kommt ihnen eine sehr wichtige Rolle zu, da sie wahrscheinlich bei jeder Verwundung die Blutstillung zu besorgen haben. Ueber ihre Bedeutung für die Fibringerinnung sehe man weiter unten das Nähere.

Bei den anderen Wirbelthierklassen, den Vögeln, Reptilien, Amphibien und Fischen, kommen Blutplättchen wie die der Säuger nicht vor. Homolog scheinen ihnen bei diesen Thieren Gebilde zu sein, welche kernhaltig, farblos und spindelförmig sind und sich abgesehen von dieser Verschiedenheit der äusseren Erscheinung gerade so verhalten wie die Blutplättchen der Säuger. Sie legen sich auch zu grösseren Haufen und Gruppen zusammen und man sieht dann oft das eigenthümliche Bild, dass die rothen Blutkörperchen kreisförmig um sie herum angeordnet sind, indem dabei ihre langen Axen radiär stehen (vergl. Figur 204 g).

Es ist jedenfalls auffallend, dass bei Thieren mit kernlosen rothen Blutkörperchen die Blutplättchen kernlos sind, bei solchen mit kernhaltigen dagegen auch kernhaltig. Ob hier ein Causalnexus existirt, ist aber noch nicht zu erkennen.

Ueber die mehr zufälligen Bestandtheile: Fetttröpfchen und Körnchen ist folgendes zu sagen:

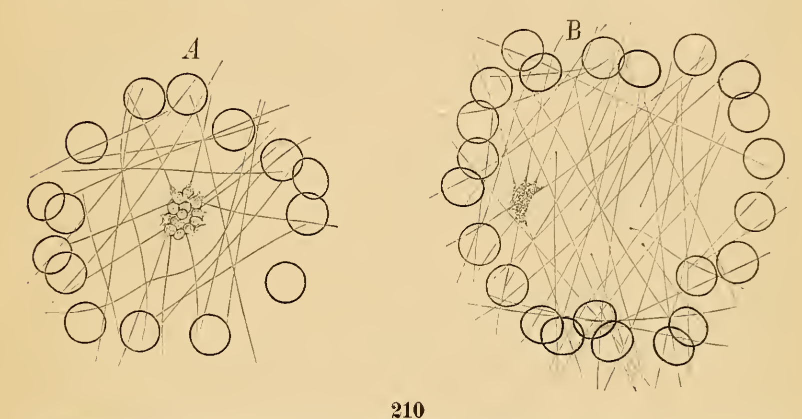
Fetttröpfchen. Ausser den bisher beschriebenen Formelementen finden sich im Blute noch jene durch Chylus und Lymphe aus der Nahrung zugeführten Fetttröpfchen (s. Chylus). Beim normalen Erwachsenen sind dieselben im Körperblute nicht nachzuweisen, sie ver-

schwinden also wohl auf dem Wege durch die Lungen. Nasse (85, I p. 126, 1842) fand sie dagegen verhältnissmässig häufig bei Schwangeren, nach Branntweingenuss und bei Hungernden. Hayem findet sie im normalen Blute der Erwachsenen vor, wenn auch nur wenig zahlreich, sieht sie aber beim Säuglinge auch nicht in grösserer Menge. Bei den saugenden Jungen von manchen Thieren, so bei jungen Kätzchen, findet Hayem dieselben dagegen in ungeheuren Mengen und bestätigt so die Angaben von früheren Autoren.

Körnchen. Man findet in mikroskopischen Blutpräparaten häufig kleine Körnchen resp. kleine Körnchenconglomerate von mattem Aussehen, die sicher kein Fett sind. In wie weit diese normal, d. h. im lebenden Blute vorhanden, in wie weit sie auf die Veränderungen der Blutplättchen zurückzuführen sind, das lässt sich mit hinreichender Genauigkeit nicht sagen. Die meisten Körnchenbildungen der Autoren sind wohl sicher durch veränderte Blutplättchen entstanden, ob alle, wage ich nicht zu behaupten. Als weitere Quelle könnte man noch an zerfallene Leukocyten denken — und diese Annahme war früher sehr verbreitet — indessen, wie ich oben schon hervorhob, ist der ganze Leukocytenzerfall doch noch nicht sicher constatirt worden.

Das Blutplasma. Das Blutplasma, die Blutflüssigkeit, bietet im normalen Zustande kein morphologisches Interesse, über seine chemische Beschaffenheit wird im nächsten Capitel des genaueren berichtet werden. Bald nachdem das Blut dem Körper entnommen ist, zeigt sich indessen eine morphologisch ebenfalls interessante Veränderung des Blutplasmas: die Gerinnung. Morphologisch besteht dieselbe darin, dass sich in der bis dahin homogenen Flüssigkeit plötzlich einzelne sehr feine, glashelle, glattconturirte Fäden erkennen lassen, welche an Menge mehr und mehr zunehmen und schliesslich einen dichten Filz resp. ein Netz bilden. Die Chemie dieses Vorganges wird im nächsten Capitel behandelt werden. Vom morphologischen Standpunkte aus interessiren uns hier die Beziehungen der morphologischen Blutelemente zu der Gerinnung. Die rothen Blutkörperchen haben sicher nichts damit zu thun; von den weissen nahm man bis vor Kurzem an, dass sie durch ihren Zerfall die Gerinnung herbeiführten, d. h. dass durch ihren Zerfall dem Blutplasma Stoffe beigemischt würden, welche mit den in jenem befindlichen die Gerinnung erzeugten. Ein solcher Zerfall der Leukocyten ist aber de facto niemals sicher gesehen worden und nach Allem sehr unwahrscheinlich. Jetzt hat man das dritte Element, die Blutplättchen, für die Gerinnung verantwortlich gemacht. Wie wir oben sahen, sind diese in der That sehr leicht veränderliche

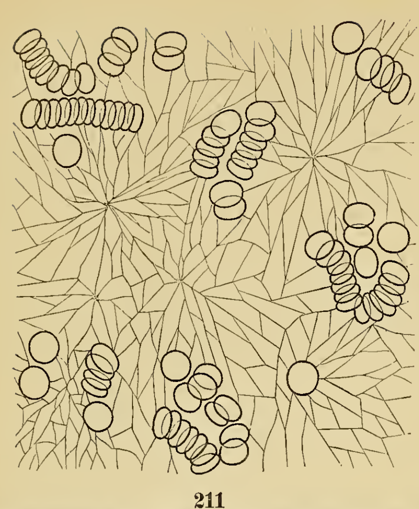
Gebilde und so stände in dieser Hinsicht der Theorie nichts im Wege. Es kommt hinzu, dass auch zeitlich der Zerfall der Plättchen mit dem Beginn der Fibrinbildung ungefähr zusammenfällt und dass einerseits Mittel, welche die Fibringerinnung hintanhalten auch den Zerfall der Plättchen verzögern, andererseits an Fädchen haftende Plättchenmassen in andere Flüssigkeit gebracht, die ebenfalls in sich eine Gerinnung entstehen lassen können, diese anzuregen scheinen. Man erhält endlich sehr häufig Bilder, in denen man entweder noch Haufen ziemlich deutlicher Blutplättchen oder nach Zerfall derselben Haufen von Körnern in dem Fibrinfilz eingelagert findet (Figur 210 A, B). Auch sieht man an diesen die Fibrinfäden gerade häufig



210

Fibringerinnung im menschlichen Blute, Blutplättchenhäufchen. Vergr. 700. *A)* Häufchen von Blutplättchen, in dem man noch deutlich die Zusammensetzung aus solchen zu erkennen vermag. *B)* Häufchen von Blutplättchen, in welchem die einzelnen völlig in einem grösseren körnigen Haufen untergegangen sind. Die Fibrinfäden verlaufen zum Theil schräg in die Höhe, sind daher an einer Stelle ihres Verlaufs im optischen Durchschnitt gezeichnet.

von den Spitzchen und Zacken ausgehen. Bei guter Netzbildung bemerkt man ferner mitunter kleine Körnerhäufchen, die sicher durch Zerfall von Blutplättchen entstanden sind, an Centralpunkten der Netzbildung liegend (Figur 211). Indessen findet man zweifellos auch Stellen in den Fibrinnetzen resp. dem Fibrinfilz ohne solche durch Blutplättchen gebildete Mittelpunkte. Es ist ferner sehr zu beachten, dass das Plasma der Lymphe ebenfalls gerinnen kann, ohne dass in demselben Blutplättchen überhaupt vorhanden sind. Die Blutplättchen — resp. Körnchenhäufchen — können jedenfalls ebensogut nur zufällig in dem Fibrinnetz liegen, gerade wie die anderen Körperchen, und dass die Fäden von den Spitzen auszugehen scheinen, kann sehr wohl dadurch erklärt werden, dass die Körnchen an den durchziehenden



211

Menschliches Blut, Fibringerinnung, deutlich netzförmig, mit einzelnen Centralpunkten, in denen körnige, aus Blutplättchen hervorgegangene Häufchen liegen. Doch waren solche nicht überall vorhanden. Vergr. 600.

Fäden, wie an jedem anderen Körper auch, festhaften. So ist diese wichtige Frage noch nicht zur Entscheidung reif.

Durch Wasser werden die Fibrinfäden kaum verändert, in Essigsäure quellen sie und werden unsichtbar. Sie treten wieder hervor bei Neutralisirung durch verdünnte Alkalien, durch diese selbst werden sie gelöst.

Die Flüssigkeit, welche zwischen den Fibrinfäden übrig bleibt, ist das Blutserum. Lässt man eine grössere Menge Blut gerinnen, so scheidet sich das Serum von dem dicken Blutkuchen auch makroskopisch leicht. Dasselbe ist die beste indifferente Zusatzflüssigkeit für frische Präparate von demselben Thier.

Menge der geformten Elemente. In einem Cubikmillimeter Blut eines gesunden, erwachsenen Menschen sind an rothen Blutkörperchen etwa 5 000 000 enthalten, auch 4 500 000 bis 4 600 000 kommen nach Hayem in der Bevölkerung grosser Städte noch bei relativ guter Gesundheit vor, doch entsprechen diese Zahlen nicht mehr dem ganz kräftigen Menschen. Die weissen Blutkörperchen sind in viel geringerer Zahl vorhanden, etwa 6000. Die Zahl der Blutplättchen beträgt 250 000. Reinecke (8, Bd. CXVIII; 94, VII; 95) fand für die weissen Blutkörperchen höhere Zahlen, 7 100 bis 7 400. Das Verhältniss der weissen zu den rothen fand er im Durchschnitt zu 1 : 720, doch können auch Verhältnisse von 1 : 1000 und 1 : 500 noch normal sein und bei demselben ruhig lebenden Individuum beobachtet werden.

Die weissen Blutkörperchen nehmen an Zahl zu nach den Mahlzeiten auf Grund einer stärkeren Zufuhr von Leukocyten aus der Lymphe. Es scheint in Folge der Nahrungsaufnahme eine bedeutende Vermehrung dieser Zellen in den reticulären Bildungsstätten des Darms einzutreten, da man diese strotzend von Leukocyten erfüllt findet und auch mehr Mitosen nachweisen kann (Hofmeister, 156, V, 157, XIX).

Beim Neugeborenen unmittelbar nach der Geburt ist nach Hayem die Zahl der rothen Blutkörperchen sehr gross: in einem Cubikmillimeter 5 368 000 im Durchschnitt, 6 262 000 als Maximum, 4 340 000 als Minimum (bei 17 Kindern), also jedenfalls höher als die bei der Mutter[1]. Die Zahl der Blutplättchen beträgt 171 000. Die Menge der weissen Blutkörperchen ist sehr gross, in den ersten 48 Stunden 18 000. Am dritten, ev. vierten Tage nimmt diese Zahl plötzlich ab und fällt auf 6000 bis 4000, während die Menge der rothen Körperchen um 100 000 bis 600 000 steigt. An diesem Tage pflegt das Gewicht des Kindes am meisten abgenommen zu haben. Von da an steigt die Zahl der Leukocyten wieder auf 7000 bis 9000, um noch längere Zeit höher zu bleiben als bei dem Erwachsenen. Die rothen Blutkörperchen nehmen wieder an Menge ab und zwar um etwa 500 000 gegenüber der Anfangszahl. Die Blutplättchen nehmen an Zahl bis zum 8. oder 9. Tage zu und erreichen jetzt die normale Zahl. Beim Säugling an der Mutterbrust fand Hayem rothe Blutkörperchen 4 000 000, weisse 12 000, Blutplättchen 350 000. Beim Kinde, das entwöhnt wird, ist die Zusammensetzung des Blutes wie beim Erwachsenen. Bei gesunden Landkindern von 2 bis 11 Jahren fanden sich: rothe Blutkörperchen 5 168 000, weisse 6 500, Blutplättchen 247 000. Beim Greise waren die Zahlen wie beim Erwachsenen. Was die Geschlechter anlangt, so hat die Frau etwas weniger rothe Blutkörperchen als der Mann im Verhältnisse von 4,7 : 5 (vergl. auch Capitel XI). Die Zahlen der Blutplättchen und der Leukocyten scheinen dieselben zu sein. Kräftige Menschen haben mehr rothe Blutkörperchen als schwächliche (über 5 Millionen und 4 500 000). Nach den Mahlzeiten nimmt die Zahl der rothen Blutkörperchen um 2 bis 300 000 ab in Folge der Verdünnung des Blutes, die der Blutplättchen steigt, um nach wenigen Stunden wieder abzufallen, die der Leukocyten nimmt zu, mitunter um 18 bis 20 %.

Sehr interessant ist die von Viault (41, CXI, 1890) gemachte Beobachtung, dass auf hohen Bergen die Zahl der rothen Blutkörperchen entsprechend der erschwerten Athmung in verdünnter Luft erheblich zunimmt und zwar in relativ kurzer

[1]) Hayem fand dabei, dass bei sechs Kindern, bei welchen die Nabelschnur gleich nach der Geburt abgebunden war, das Mittel 5 087 000, bei acht andern, bei denen das Abbinden erst erfolgt war, nachdem die Arteria umbilicalis zu pulsiren aufgehört hatte, dagegen 5 576 000 betrug; die letzteren hatten also 489 000 mehr, eine Differenz die nach 48 Stunden auf 432 000 herunter gegangen war.

Zeit. Während sein Blut in Lima [1] 5 000 000 rother Körperchen enthielt, betrug die Zahl derselben in einem Orte in den Cordilleren (4392 m über dem Meere) nach 14tägigem Aufenthalt 7 100 000, bei seinem Begleiter 7 300 000. Nach weiteren 8 Tagen fand Viault in seinem Blute 8 000 000; bei einem Deutschen, der dort schon längere Zeit lebte 7 920 000. Ein dort lebender Indianer hatte 7 960 000, eine Indianerin 7 080 000. Eine junge kräftige Hündin hatte in diesem Cordilleren-Orte 9 000 000, während nach Zählungen von Hayem bei Pariser Hunden die Zahl 6 650 000 beträgt; ein Lama besass 16 000 000, während Hayem bei einem Lama in Paris 13 186 000 zählte.

Menge des Hämoglobins. Im ganzen Gefässsystem scheint nach Hayem die Zahl der rothen Blutkörperchen und die Menge des in ihnen enthaltenen Hämoglobins dieselbe zu sein.

Vergleicht man verschiedene Säugethiere, so zeigt sich, dass die Menge des Hämoglobins in dem einzelnen rothen Blutkörperchen proportional der Grösse desselben ist (Hayem). Ein Resultat, zu dem schon früher Welcker (63, XX, 1863) gekommen war, der dasselbe Gesetz auch für die kernhaltigen Körperchen annahm bei Abrechnung des Kerns, wobei freilich die Rechnung unsicherer wurde. Diese letztere Annahme scheint indessen nicht richtig zu sein. Die Menge des Hämoglobins scheint bei den niederen Wirbelthieren abzunehmen.

Da das Hämoglobin jener Körper ist, welcher die specifische Thätigkeit der rothen Blutkörperchen, den Gasaustausch, die Sauerstoffaufnahme d. h. die Athmung, vermittelt, so ist es von Wichtigkeit zu wissen, welche Menge Hämoglobins in einer bestimmten Menge Blutes enthalten ist. Hayem hat ausgedehnte Untersuchungen hierüber angestellt, indem er den Hämoglobingehalt des gesunden menschlichen Blutes als Norm setzte, diesen Werth mit 5 000 000 bezeichnete, da diese Zahl der der rothen Blutkörperchen durchschnittlich entsprach, und nun den Hämoglobingehalt nicht normalen menschlichen Blutes und den des thierischen Blutes in Zahlen menschlicher Blutkörperchen ausdrückte. Aus seinen Untersuchungen geht hervor (wegen des Näheren vergl. die unten stehende Tabelle), dass der Mensch nur von wenigen Wesen in Bezug auf die Hämoglobinmenge erreicht oder übertroffen wird, so von dem Känguruh, dem Meerschweinchen, dem amerikanischen Eichhorn, dem Lama, dem Storch.

---

[1]) Die Ebene, in der Lima liegt, befindet sich 130 bis 195 m über dem Meere.

Volumen der rothen Blutkörperchen. Wie WELCKER nachwies, ist das in einem Cubikmillimeter enthaltene Gesammtvolum der rothen Blutkörperchen bei Thieren aus den verschiedenen Classen lange nicht in dem Maasse wechselnd als es die Einzelvolumina der rothen Körperchen sind (s. Tabelle).

Wie WELCKER auch schon hervorhebt und wie MALASSEZ (87. 1885) weiter nachwies, nimmt von den höheren Thieren zu den niederen die relative Gesammtmasse des Blutes und ebenso auch die Masse der rothen Blutkörperchen im Verhältniss zum Serum ab. Es sind also die niederen Thiere hierin ungünstiger gestellt als die höheren, ähnlich wie es schon bei dem Hämoglobingehalt der Fall war.

Oberfläche der rothen Blutkörperchen. Die Grösse der in einem bestimmten Quantum Blutes vorhandenen freien Oberfläche wird von grosser Wichtigkeit für die Schnelligkeit und Intensität der Sauerstoffaufnahme bei der Athmung sein. Die Grösse der Oberfläche steigt mit der Anzahl der Stückchen, in welche eine bestimmte Masse zerlegt wird, d. h. in diesem Falle mit der Kleinheit der Blutkörperchen. Es werden also auch in dieser Hinsicht die sehr grosse Blutkörperchen bei schon relativ geringer Gesammtmasse besitzenden Amphibien ungünstig gestellt sein, etwas günstiger die kleinere Blutkörperchen besitzenden Fische. Indessen kommt hierbei auch noch, worauf WELCKER ebenfalls aufmerksam macht, nicht unwesentlich die Einrichtung der Athmungswerkzeuge in Betracht.

Die **nachstehende Tabelle** giebt eine Uebersicht über einige wichtigere Zahlenwerthe für Thiere aus allen Classen. Die Menge des Hämoglobins ist dabei gemäss HAYEM ausgedrückt durch die entsprechende Menge von menschlichen Blutkörperchen:

	Zahl der rothen Blutkörperchen	Hämoglobinmenge in menschlichen rothen Blutkörperchen ausgedrückt	Zahl der weissen Blutkörperchen ev. der Blutplättchen (Blp)	Grösse der rothen Blutkörperchen ev. der Blutplättchen (Blp)	Grösse der weissen Blutkörperchen	Beobachter
Säuger.						
Mensch	5000000	5000000	6000	7,2—7,8 μ	5—10 μ	Hayem
Cercopithecus ruber	6355000	4448000	9700	7 μ	6—11 μ	"
Cercocebus fuliginosus	4766000	4146000	10800	7,4 μ	6—8 μ	"
Jacchus vulgaris	6323000	4107000	15300	6,7 μ	5,4—8,15 μ	"
Nasua rufa	4448500	3247000	14400	6,9 μ	4,34—6,72 μ	"
Paradoxurus typus	8325000	1248000	7900	4,62 μ	5,38—8 μ	"
Canis familiaris	6650000	4720000	10000	7,2 μ	6—9 μ	"
Felis domesticus	9900000	4450000	7200	6,20 μ	—	"
Macropus rufus (Känguruh)	5052000	5052000	5150	7,74 μ	—	"
Bradypus didactylus	2972000	4458000	12800	9,25 μ	5,58—9 μ	"
Lepus cuniculus	6410000	4422000	6200	7,16 μ	—	"
Cavia cobaya	5859500	5467000	5600	7,48 μ	—	"
Sciurus cinereus (Amerikanisches Eichhörnchen)	7490000	5100000	2000	6,20 μ	6,5—9 μ	"
Equus caballus	7403500	4294000	9500	5,58 μ	—	"
Capra hircus	19000000	3990000	30000	4,25 μ	—	"
Camelus bactrianus	10930000	4262000	11500	l. 7,6 μ br. 4,55 μ	—	"
Auchenia guanaco (Lama)	13186000	5010000	8000	l. 7,5 μ br. 4,25 μ	—	"
Elephas indicus	2020000	—	—	9,4 μ	—	Welcker
Moschus javanicus	—	—	—	2,5 μ	—	"
Vögel.						
Afrikanischer Edelfalke	2547500	4458000	12950 Blp. 25500	l. 12,28 μ br. 7,60 μ	4,3—7,6 μ	Hayem

Ardea cinerea (Reiher)	2478000	5203000	17700 Blp. 32850	l. 13,60 μ br. 8,70 μ Blp. l. 7,6 μ br. 6,0 μ	4,35—7 μ	Hayem
Ciconia alba	2189000	5317000	31000 Blp. 17200	l. 15,00 μ br. 8,25 μ Blp. l. 8,7 μ br. 3,8 μ	3,7—6,8 μ	„
Struthio camelus	1620500	4860000	9000 Blp. 11500	l. 14,3 μ br. 9,15 μ	—	„
Sperling	—	—	—	l. 11,9 μ br. 6,8 μ	—	Welcker
Taube	2010000	—	—	l. 14,7 μ br. 6,5 μ	—	„
Huhn	—	—	—	l. 12,1 μ br. 7,2 μ	—	„
Ente	—	—	—	l. 12,9 μ br. 8,0 μ	—	„
Reptilien.						
Testudo graeca	629000	3445000	13200 Blp. 9000	l. 21,2 μ br. 12,45 μ Blp. l. 10,35 μ br. 6,10 μ	5,35—10 μ	Hayem
Lacerta agilis	1292000	4392000	10500 Blp. 17000	l. 15,75 br. 9,10 Blp. l. 9,0 μ br. 5,0 μ	5,7—9 μ	„
Coluber natrix	829400	3317000	8400 Blp. 19000	l. 22,0 μ br. 13,0 μ	6,25—9,0 μ	„

	Zahl der rothen Blutkörperchen	Hämoglobinmenge in menschlichen rothen Blutkörperchen ausgedrückt	Zahl der weissen Blutkörperchen ev. der Blutplättchen (Blp)	Grösse der rothen Blutkörperchen ev. der Blutplättchen (Blp)	Grösse der weissen Blutkörperchen	Beobachter
Amphibien.						
Rana viridis	408 896	2 903 900	5 300 Blp. 8 000	l. 21,7—27,2 μ br. 16,3 μ Blp. l. 12—14 μ br. 8—10 μ	7,2—13,5 μ	Hayem
Rana temporaria	393 200	2 644 000	6 000 Blp. 7 000	l. 18,5—25,1 br. 15 μ Blp. l. 12—14 μ br. 8—10 μ	7,2—13,5 μ	"
Bufo vulgaris	389 000	3 306 000 (?)	2 000 Blp. 13 600	l. 21,8 μ br. 15,9 μ	7,38—10,2 μ	"
Triton marmoratus	164 200	3 201 000 (?)	8 700 Blp. 2 700	l. 31,0 μ br. 21,5 μ Blp. l. 12—20 μ br. 14 μ	10—16 μ	"
Triton cristatus	103 000	—	—	l. 29,3 μ br. 19,5 μ	—	Welcker
Salamandra maculosa	80 000	—	—	l. 37,8 μ br. 23,8 μ	—	"
Proteus anguineus	33 600— 38 100	—	—	l. 57,9—58,2 μ br. 33,7—35,6 μ	—	"
Fische.						
Acipenser sturio	—	—	—	l. 13,4 μ br. 10,4 μ	—	"
Cyprinus gobio	—	—	—	l. 17,7 μ br. 10,1 μ	—	"
Petromyzon marinus	133 000	—	—	15,0 μ	—	"

Wie aus der vorstehenden Tabelle ersichtlich ist, besitzt Proteus von den aufgeführten Thieren die grössten Blutkörperchen. Noch um ein Drittel grösser sollen die von Amphiuma tridactylum sein (nach Riddel 86, citirt nach 64, II, 1859), es finden sich die Maxima also jedenfalls bei den Amphibien.

B) Die Lymphe und der Chylus.

Die Lymphe, wie sie in den grösseren Lymphgefässen enthalten ist, ist eine farblose oder milchige Flüssigkeit. Die letztere Eigenthümlichkeit besitzt sie dort, wo sie von den Verdauungsorganen herkommt, falls gerade Fett resorbirt wird. Die milchige Trübung rührt von unzähligen kleinsten Fetttröpfchen her, welche vielleicht noch von einer Eiweisshülle umgeben sind. Diese milchige Lymphe wird auch „Chylus“ genannt. Von zelligen Elementen finden sich in Lymphe und Chylus nur weisse, farblose, kernhaltige Zellen: Leukocyten (Lymphzellen, Lymphkörperchen, Chyluskörperchen), die denen des Blutes entsprechen. Nach Löwit soll man auch in der Lymphe wie im Blute (s. p. 372) Leukoblasten und Erythroblasten (Vorstufe der rothen Blutkörperchen) unterscheiden können. Der Hauptunterschied der beiden ist nach ihm der, dass die Erythroblasten ein typisches Chromatingerüst im Kern erkennen lassen, und sich durch Mitose vermehren, während die Leukoblasten das Chromatin mehr in unregelmässigen, kleinen Klümpchen zeigen und sich durch eine, wenn auch leicht modificirte (s. p. 19) amitotische Theilung vermehren. Diese Annahme steht indessen noch auf unsicheren Füssen, da zwischen den extremen Kernformen sich mannigfache Uebergänge finden und in jüngster Zeit von Flemming auch bei den „Wanderzellen“, die im Sinne Löwit's sicher keine Erythroblasten, sondern aus den Gefässen ausgewanderte Leukoblasten sind, nicht nur Mitosen nachgewiesen wurden, sondern auch dauernd vorhandene Centrosomen (Flemming 1, XXXVII).

Die Flüssigkeit, in der diese Zellen sich befinden, das Plasma der Lymphe, zeigt ebenfalls Fibringerinnung (vergl. Capitel XI), obwohl die Blutplättchen hier fehlen (s. p. 377).

Wanderzellen. Die schon so oft erwähnten „Wanderzellen“ sind Leukocyten, welche aus den Gefässen in das Bindegewebe resp. die Saftbahnen dieses ausgewandert sind (vergl. p. 242) und den

Körper durchziehen. Wie oben erwähnt wurde (Flemming) vermögen sie sich durch Mitose zu vermehren, ausserdem wahrscheinlich auch amitotisch.

Diese Zellen haben auch die Fähigkeit, zwischen die Zellen der Epithelien einzudringen und treten häufig, wie namentlich Stöhr gezeigt hat, bis zur Oberfläche dieser hin durch und so aus dem Körper aus. So bilden sich die „Speichelkörperchen", welche im Speichel vorkommen. Dieselben (Figur 212) sind wesentlich verändert: sie sind kugelig, besitzen eine Membran, einen leicht flüssigen Inhalt mit kleinen, scharf hervortretenden Körnchen, die bei genügendem Wassergehalt des Speichels sich lebhaft bewegen, und sind meist mehrkernig. Wie ich oben (p. 372) schon hervorhob, vermag man durch genügenden Wasserzusatz die Leukocyten im Blute in ganz entsprechende Körperchen umzuwandeln.



212

Speichelkörperchen vom Menschen. Vergr. 750. Körperchen verschiedener Grösse mit verschieden vielen Kernen, deutlicher Membran und Körnchen, die eine lebhafte Bewegung zeigten.

In wie weit Wanderzellen resp. Zellen, welche ähnlich diesen in mehr oder weniger grosser Menge in das Bindegewebe sich einlagern, so namentlich bei pathologischen Processen, von den Bindegewebszellen (fixen Bindegewebszellen) herstammen können, ist noch eine offene Frage. Jedenfalls neigt man in neuerer Zeit wieder mehr dazu für eine Anzahl von Fällen eine derartige Abstammung anzunehmen (vergl. auch Ribbert 158, I, 1890).

Die Leukocyten im Allgemeinen. Ich habe mehrfach Verschiedenheiten der Leukocyten anzuführen gehabt in Bezug auf Grösse, Körnung, verschieden stark glänzende und sich färbende Körnchen, Beschaffenheit des Kerns, Fähigkeit der amöboiden Bewegung. Ob diese Verschiedenheiten so wesentlich sind, dass man wirklich deutlich getrennte Arten von Leukocyten anzunehmen hätte, ist bis jetzt noch durchaus nicht zu sagen. Auch die Bedeutung dieser so weit im Körper verbreiteten Elemente ist noch keineswegs klar. Dieselben finden sich, wie wir gesehen haben, in der Lymphe (Chylus), im Blute, sowie im Bindegewebe und den Epithelien als Wanderzellen, in grösseren Mengen liegen sie im Knochenmark, in der Milz, der Thymus, den Lymphdrüsen und Lymphanhäufungen in Einsprengungen reticulären Gewebes (s. auch das Capitel über „Blutbildung", „Lymphknoten" etc.), schliesslich wandern sie eventuell auf die Oberfläche der Schleimhäute aus. Was man in Bezug auf ihre Bedeutung zu schliessen vermag, dürfte das Folgende sein:

1) Es ist möglich, dass die rothen Blutkörperchen sich aus ihnen bilden:

a) aus denen des Knochenmarks (E. NEUMANN),

b) aus einer bestimmten Leukocytenform, den Erythroblasten, die aus den verschiedenen, Leukocyten erzeugenden Organen stammen (LÖWIT).

2) Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die Leukocyten, wo sie sich auch finden, gegebenen Falls als Phagocyten (METSCHNIKOFF) wirken können: Krankheitskeime zu zerstören, verbrauchte Elemente des Organismus, Zelltrümmer etc. fortzuschaffen etc. vermögen.

3) Ob sich aus den aus Lymphe oder Blut stammenden Wanderzellen Bindegewebe neu bilden könne, wie vielfach behauptet worden, ist noch nicht sicher zu entscheiden, aber eher unwahrscheinlich.

4) Die Leukocyten scheinen die Träger für das vom Darm aus in das Blut gelangende Pepton zu sein (HOFMEISTER, 156, IV, VI), und scheinen dasselbe während des Capillarkreislaufs an die Gewebe abzugeben, denn in den Venen ist das Pepton nicht mehr nachweisbar (HOFMEISTER 157, XIX). Sie treten hiernach also direct als ernährende Zellen auf, als solche, die bestimmte Nahrungsstoffe den übrigen Geweben hinbringen.

5) Wir haben oben das Plasma der Lymphe und das des Blutes zum Theil als eine Intercellularsubstanz aufgefasst. In der Lymphe sind die Leukocyten die einzigen Zellen, in dem Blute die einzigen neben den stark specifisch veränderten rothen Blutkörperchen, es scheint mir daher nicht unwahrscheinlich, dass diese Intercellularsubstanz von den Leukocyten geliefert wird. Dass sie für das Blut sehr wichtige Elemente sind, geht schon daraus hervor, dass sie, wie SPRONCK (s. p. 373) gezeigt hat, sich in demselben zahlreich mitotisch theilen. In wie weit auch die rothen Blutkörperchen auf die Intercellularsubstanz von Einfluss sind, muss man dahingestellt sein lassen.

Was aus den Leukocyten schliesslich wird, ob sie endlich alle zu Wanderzellen werden und auf der Oberfläche der Schleimhäute zu Grunde gehen, ob sie in der Blutbahn ihr Ende finden, abgesehen von denen, die eventuell zu rothen Blutkörperchen werden, auch das ist noch durchaus unklar. Jedenfalls werden Massen von Leukocyten jeden Tag neu erzeugt (vergl. das Capitel über „Blutbildung“ etc.) und müssen daher auch wieder ebensolche Mengen als Leukocyten zu existiren aufhören, denn ihre Zahl bleibt im ganzen die gleiche.

Technische Bemerkungen.

1) Präparate von eben dem Körper entnommenem Blute. Man nehme einen Objectträger mit einem feinen Lackringe, damit das Deckglas nicht auf die Körperchen drückt. Man umgebe den Deckglasrand mit einem Oel- oder Wachsrahmen, um die Verdunstung auszuschliessen, wenn man längere Zeit beobachten will ohne Reagentienzusatz, sonst natürlich ohne Rahmen. a) Menschliches Blut. Man glühe einen Augenblick eine Nähnadel, um sie zu desinficiren, und steche sich in eine Fingerspitze, drücke die Fingerbeere oberhalb zusammen, tupfe den vorquellenden Blutstropfen mit dem Objectträger ab und lege sehr schnell das schon vorher gereinigte Deckglas auf. In den ersten Sekunden sieht man noch ziemlich normale Blutplättchen, die anderen Körperchen halten sich länger. — Weiter setze man zu frischem Blute Jodserum, physiologische Kochsalzlösung, um die Einwirkung zu beobachten; ferner Wasser, verdünnte Essigsäure, starke Kalilauge, die man später durch Wasserzusatz verdünnt, etc. Zur Conservirung fixire man einen Tropfen Blut durch Osmiumdampf oder auch durch Mischen mit einer 1procentigen Lösung der Ueberosmiumsäure. Ferner mische man einen Tropfen Blutes mit HERMANN'scher Lösung, bei der die Leukocyten mit ihren Kernen und die Blutplättchen gut hervortreten. Um die Kerne der Leukocyten gut isolirt zu sehen, mische man auf dem Objectträger ein Tröpfchen Blut mit Eisesssig. Auch Mischungen mit anderen Reagentien: Sublimat (einprocentige wässerige Lösung und schwächer), Pikrinsäure (wässerige concentrirte Lösung), MÜLLER'scher Flüssigkeit etc. geben interessante Bilder. — Wünscht man die amöboiden Bewegungen der Leukocyten zu sehen, so verwendet man am besten einen heizbaren Objecttisch bei Körpertemperatur. — Fibringerinnung tritt verschieden schnell ein, man muss sehr aufmerksam beobachten, um die ersten feinen Fädchen zu sehen. — b) Frisches, direct dem Thiere entnommenes Säugethierblut. Mit solchem kann man die oben angegebenen Conservirungsmethoden und Einwirkungen von Reagentien der verschiedensten Art in Schälchen vornehmen. Man lässt die Blutstropfen direct in das Reagens fallen und rührt sofort um. — An den Flügeln von Fledermäusen vermag man den Blutstrom direct im Körper zu beobachten (LAKER 8, CXVI p. 28). — c) Kernhaltige Blutkörperchen (Vögel, Reptilien, Amphibien, Fische). Am bequemsten nimmt man Blut von Frosch, Triton, Salamandra, Proteus, da dieses ausgezeichnet ist durch die Grösse der Körperchen und der Kerne in denselben. Man verdünne das Blut mittels einer 0,55 bis 0,60procentigen Kochsalzlösung (BIZZOZERO), der man, um Kernfärbung zu erhalten, Methylviolett etwa im Verhältniss von 1:10000 zusetzt (1 bis 2 bis 3 Tropfen einer concentrirten, 1procentigen, wässerigen Lösung von Methylviolett zu einigen Gramm Kochsalzlösung, immer frisch bereiten, den Färbungsgrad der Flüssigkeit am besten erst ausprobiren: die rothen Blutkörperchen müssen sich nicht verändern, namentlich sich auch nicht entfärben [BIZZOZERO 8, XCV p. 4]). — Amöboide Bewegungen der Leukocyten bei Stubentemperatur. — Man lasse wieder die verschiedensten Reagentien einwirken. — Man beobachte

den Blutstrom im Schwanze der lebenden Froschlarve oder in der Schwimmhaut und dem Mesenterium des erwachsenen Thieres. Sehr schöne Objecte sind auch ganz junge Fischchen. — Zur Conservirung sämmtlicher Elemente lasse man wieder frisches Blut in 1procentige Osmiumsäure tröpfeln bei stetem Umrühren, dann allmähliches Auswaschen, Kernfärbung mit Alauncarmin oder DELAFIELD's Hämatoxylin, Balsam- oder Glycerinpräparate.

2) Fixirtes Blut bette man in Celloïdin ein und schneide es: Durchschnitte durch rothe Blutkörperchen, Mitosen in Leukocyten.

3) Fibringerinnsel zerzupfe man in Wasser; Aufquellen bei verdünnter Essigsäure, bei Neutralisirung mit verdünnter Kalilauge: erst Wiederauftreten dann Verschwinden (bei Ueberschuss) der Fibrinfäden.

4) Jugendformen der rothen Blutkörperchen.

a) Kernhaltige rothe Blutkörperchen der Säuger findet man in dem durch Druck mittels eines Schraubstockes ausgepressten ev. mit einem Capillarröhrchen aufgefangenen Safte aus dem rothen Knochenmarke (Rippen, Wirbel, Epiphysen der Röhrenknochen). Man untersucht am besten ohne Zusatz, indem man das Präparat durch einen Rahmen vor Verdunstung schützt. Besonders reichlich treten diese Jugendformen nach ergiebigen Blutentziehungen auf.

b) Die Jugendformen bei denjenigen Thieren, die kernhaltige Blutkörperchen besitzen, findet man bei Vögeln, Reptilien, ungeschwänzten Amphibien im Knochenmark, bei geschwänzten Amphibien in der Milz, bei Fischen in der Milz und in dem reticulären Gewebe der Niere. Bei den drei niederen Classen, namentlich den Amphibien, findet man Jugendformen auch sonst im Blut.

Die Thiere müssen stets im besten Ernährungszustande sein, ev. frisch gefangen.

Sehr nützlich ist bei diesen Untersuchungen die Methylviolett-Kochsalzlösung (s. Nr. 1 c).

5) Mitosen der rothen Blutkörperchen. Solche findet man bei Embryonen aller Thiere. Sehr bequem zur Untersuchung sind die Frosch- und Salamanderlarven. Bei erwachsenen Thieren findet man sie an den in der vorigen Nummer angegebenen Stellen. Die Kerne treten wieder am besten hervor nach der Methylviolett-Kochsalzlösung. Bei solchen Thieren, die sehr grosse Körperchen haben, genügt indessen die einfache Färbung nicht, da die Kerne durch die mächtige Substanz des Zellleibes verdeckt werden. In diesem Falle färbe man zuerst mit Methylviolett-Kochsalzlösung und setze dann an den Rand des Deckglases einen Tropfen von 0,5procentiger Essigsäure. Man beobachte dann unter dem Mikroskope das Vordringen der Essigsäurewirkung. Am schönsten erscheinen die Kerne dabei im ersten Moment der Aufhellung, später werden sie durch die Essigsäure verändert (BIZZOZERO 8, XCV p. 5).

6) Betreffs der Blutkrystalle sehe man das nächste Capitel.

7) Lymphe mit Zellen aus dem Bauche des Frosches mittels Aufsaugens in ein Capillarröhrchen, das man dann auf den Objectträger ausbläst. Kein Zusatz! Um Zumischung von Blut zu verhindern, durchtrenne man zuerst die Haut, dann die Muskeln der Bauchwand mit einem heissen Messer. Oder aus den grösseren Lymphgefässen ev. dem Ductus

thoracicus eines grösseren Thieres (Hund), das nicht in der Verdauung befindlich ist.

8) Chylus aus dem Ductus thoracicus oder den Lymphgefässen des Mesenteriums bei einem in der Verdauung (sehr gut nach Milchfütterung) begriffenen grösseren Hundes etc. Kein Zusatz! Ev. etwas 0,5procentige Osmiumsäurelösung, durch welche die kleinen Fetttröpfchen dunkel gefärbt werden.

9) Wanderzellen überall im Bindegewebe.

10) Speichelkörperchen in einem Tröpfchen Speichel aus dem Munde.

11) Durch das Epithel hindurch wandernde Leukocyten sieht man leicht an Querschnitten der Schleimhaut des hinteren Theils der Zunge an den Stellen, wo Balgdrüsen liegen.

ELFTES CAPITEL.

Die chemische Zusammensetzung von Blut, Chylus, Lymphe.

Das Blut besteht, wie das vorige Capitel lehrt, aus zelligen Elementen, welche in einer flüssigen Intercellularsubstanz, dem Blutplasma, vertheilt sind. Die geformten Körper sind dreierlei Art. Ein Theil derselben lässt bei der chemischen Untersuchung alle Bestandtheile fortpflanzungsfähiger Zellen erkennen, es sind dieses die Leukocyten oder weissen Blutkörperchen. Die Hauptmenge aller geformten Elemente des Wirbelthierblutes bilden die rothen Blutkörperchen. Diese stellen umgewandelte Zellen dar [1], denen die primären Zellstoffe zum Theil verloren gegangen sind und die durch den reichen Gehalt an Blutfarbstoff gekennzeichnet werden. Als drittes Formelement sind die Blutplättchen genannt, ihre Natur ist noch in Dunkel gehüllt, sie werden sogar von einigen Autoren für Eiweissniederschläge gehalten.

Wenn das Blut die Gefässe verlässt, so gerinnt es in den meisten Fällen, indem sich aus dem Plasma ein Eiweisskörper, das „Fibrin", ausscheidet, welcher die geformten Elemente einschliesst. Die geronnene Masse zieht sich allmählich zusammen und presst den flüssig gebliebenen Theil des Plasmas, „das Blutserum", aus. Der abgeschiedene Theil, bestehend aus den geformten Elementen und dem Fibrin, heisst Blutkuchen. Wird das Blut vor seiner Gerinnung mit einem Stabe gerührt oder geschlagen, so scheidet sich das Fibrin

[1]) Die abweichende Ansicht v. MINOT siehe im vorigen Capitel.

als faserige Masse ab, welche nur einen sehr geringen Theil der rothen Blutkörperchen einschliesst. Die Hauptmenge derselben bleibt im Serum suspendirt und diese Flüssigkeit bezeichnet man als defibrinirtes Blut. Man kann das defibrinirte Blut leicht vom Fibrin trennen, indem man es durch ein Tuch giesst.

Die weissen Blutkörperchen oder Leukocyten.

Es ist möglich, grössere Mengen dieser Gebilde aus dem Pferdeblut zu gewinnen. Diese Blutart zeichnet sich dadurch aus, dass sie langsam gerinnt und dass die rothen Blutkörperchen sich beim ruhigen Stehn des Blutes ziemlich schnell zu Boden senken. Das von den gesenkten rothen Blutkörperchen abgehobene, noch nicht geronnene Plasma enthält die Leukocyten und man kann die letzteren isoliren, indem man das Plasma mit eiskaltem Wasser auf das 80fache verdünnt und 24 Stunden bei 0^0 stehn lässt. Die Leukocyten haben sich dann am Boden des Gefässes angesammelt, man kann das verdünnte Plasma abgiessen und den Bodensatz noch mehrere Male durch Decantation mit neuen Mengen destillirten Wassers auswaschen (v. Samson-Himmelstierna, 111).

Eine eingehende chemische Untersuchung der so gewonnenen Zellen ist, wie es scheint, bisher noch nicht angestellt, vielmehr sind unsere Kenntnisse über ihre Zusammensetzung, soweit sie nicht auf mikrochemischen Beobachtungen beruhen, auf indirektem Wege gewonnen, wie aus den folgenden Erörterungen hervorgeht.

Zunächst kann man schon aus der Morphologie und Physiologie dieser Gebilde gewisse Schlüsse auf die chemische Zusammensetzung ziehen. Man muss voraussetzen, dass die aus Cytoplasma und Kern bestehenden Gebilde, welche oft im Zustande der Mitose beobachtet sind, die also fortpflanzungsfähig sein müssen, alle diejenigen Stoffe enthalten, welche wir früher als primäre Bestandtheile der Zelle bezeichnet haben. Diese Voraussetzung stimmt mit allen bisher gewonnenen Beobachtungen überein.

Aus der Analyse der Lymphdrüsen lassen sich Analogieschlüsse auf die Zusammensetzung der weissen Blutkörperchen ziehen. Die Lymphkörperchen, welche den Inhalt dieser Drüsen bilden, sind den Leukocyten sehr ähnlich, theilweise wohl mit ihnen identisch. Ebenso ist auch die Untersuchung der Eiterkörperchen, welche durch Umwandlung der Leukocyten entstehen, für unsere Zwecke zu benutzen.

Endlich darf auch die Zusammensetzung des leukämischen Blutes für Schlussfolgerungen in dieser Frage verwerthet werden. Das leukämische Blut unterscheidet sich bekanntlich vom normalen dadurch, dass in ihm die weissen Blutkörperchen bedeutend vermehrt, die rothen hingegen vermindert sind. Man findet auch bei der chemischen Analyse beider Blutarten beträchtliche Unterschiede, welche man natürlich auf die eben erwähnten mikroskopisch sichtbaren Verschiedenheiten zurückführen muss. Es ist gewissermassen eine Subtraction der Bestandtheile des normalen von denen des leukämischen Blutes, durch die wir uns in diesem Falle eine Vorstellung von der Zusammensetzung der Leukocyten machen können.

Ueber die Eiweisskörper, welche sich in den Leukocyten vorfinden, haben alle diese Untersuchungsweisen nur wenig Aufschluss verschaffen können. Halliburton (112) fand in den Lymphzellen zwei Eiweisssubstanzen von den Eigenschaften der Globuline, deren eine bei 48-50⁰ coagulirte, die andere bei 75⁰, letztere war in grösserer Menge vorhanden, ausserdem fand sich Serumalbumin oder wenigstens ein ähnlicher Stoff vor. Alexander Schmidt wies Serumglobulin in den Leukocyten des Pferdeblutes nach. In den Eiterkörperchen fand Miescher (113) eine grössere Zahl von Eiweisssubstanzen.

Das Nucleïn ist mit grösserer Sicherheit, wie die bisher genannten Eiweissstoffe, in den Leukocyten nachgewiesen. Miescher (l. c.) entdeckte diesen primären Bestandtheil der Zellen im Jahre 1869 in den Eiterkörperchen, deren Kerne durch Pepsinverdauung von der Hauptmenge des Cytoplasmas befreit waren. Nach den Analysen von Miescher und Hoppe-Seyler ist dieses Nucleïn schwefelhaltig, und der Schwefel wird, wie ich fand (114), beim längeren Kochen mit Wasser zum Theil als Schwefelwasserstoff abgespalten. Reich an Nucleïn sind die Lymphdrüsen und das leukämische Blut, besonders das Verhalten des letzteren ist für den Nucleïngehalt der Leukocyten völlig beweisend. Untersucht man das normale Blut der Säuger, so findet man entweder nur sehr wenig Nucleïn, oder der Nachweis misslingt überhaupt, im leukämischen Blut hingegen erweist sich die Menge des Nucleïns als eine sehr bedeutende. Die Aufsuchung des Nucleïns im Blute beruht auf dem Nachweis seiner Zersetzungsproducte und zwar der an Eiweiss gebundenen Phosphorsäure und der stickstoffreichen Nucleïn-Basen (Adenin, Guanin u. s. w.). Im normalen menschlichen Blute konnte ich nur Spuren der an Eiweiss gebundenen Phosphorsäure und keine Nucleïnbasen nachweisen, im leukämischen Blute hingegen zeigte sich 51,6 Procent der gesammten Phosphor-

säure in Eiweissbindung enthalten, das Vorkommen der Basen wurde schon vor langer Zeit von SCHEERER beobachtet und später von mir bestätigt.

Dem Nucleïngehalt der Leukocyten entspricht das Verhalten ihres Kerns zu Essigsäure und anderen Reagentien, ebenso die Quellung, welche diese Gebilde erleiden können, wenn sie mit Alkali- oder stärkerer Kochsalzlösung in Berührung gebracht werden. Bezüglich des letzteren Verhaltens zeigen sich indess Verschiedenheiten. ALEXANDER SCHMIDT (115) und seine Schüler unterscheiden zweierlei Leukocyten, die einen werden durch Carmin leichter gefärbt wie die anderen und bleiben nach der Gerinnung des Blutes bestehen, während die zweite Art hierbei zu Grunde gehen soll. Auch bezüglich des Verhaltens gegen Neutralsalze sollen Unterschiede obwalten, insofern einige hierbei schleimig gequellt werden, andere nicht. Sowohl die Tinktionsfähigkeit wie die Quellung durch Neutralsalze sind von dem Nucleïngehalt der Leukocyten abhängig und man muss umsomehr geneigt sein, diese Unterschiede auf den grösseren oder geringeren Nucleïngehalt zurückzuführen, als auch die im vorigen Capitel erwähnten Untersuchungen von MAX SCHULTZE und LÖWIT Verschiedenheiten bezüglich des Kerns der Leukocyten festgestellt haben.

Nach den obigen Erörterungen muss man einen reichen Gehalt der Leukocyten an Lecithin und Cholesterin annehmen, was durch die Analyse des leukämischen Blutes bestätigt wird. FREUND und OBERMAIER (20, XV, 317) fanden auf 100 gr feste Stoffe im leukämischen Blut 2,74 gr Lecithin und 2,01 gr Cholesterin, während HOPPE-SEYLER (20, XV, 179) in dem Blute eines an melanotischem Sarkom leidenden Individuums 0,99 gr Lecithin und 1,09 gr Cholesterin feststellte, das letztere Blut kann als normales betrachtet werden. Es ergiebt sich also mit grosser Wahrscheinlichkeit, dass die weissen Blutkörperchen reicher an Lecithin und Cholesterin sind als die rothen.

Ueber den Fettgehalt der Blutleukocyten liegen keine sicheren Erfahrungen vor, unter pathologischen Verhältnissen, z. B. bei der Leukämie kann derselbe wahrscheinlich eine beträchtliche Grösse erreichen. Bemerkenswerth ist die Auffindung einer cerebrinähnlichen Substanz in den Eiterkörperchen (HOPPE-SEYLER, 116), es ist demnach wahrscheinlich, dass auch in den Leukocyten Cerebrin oder die Muttersubstanz des Cerebrins, das Protagon, vorhanden ist.

Die Leukocyten sind im Stande, Glykogen in sich aufzuspeichern. HOPPE-SEYLER (116) beobachtete eine Ansammlung von Leuko-

cyten in Rindslinsen, welche in die Bauchhöhle eines Hundes eingeführt waren und fand zugleich, dass das mit eingewanderten Zellen durchsetzte Linsengewebe sehr reich an Glykogen geworden war. G. Salomon gelang es sodann, das Glykogen aus der Schicht von weissen Blutkörperchen darzustellen, welche sich beim Stehen des Blutes absetzt (117). Auch bei mikroskopischer Untersuchung lässt sich ab und zu eine geringe Reaction auf Glykogen erkennen (Ehrlich 118), daneben zeigten sich im Blute kleine, bald rundliche, bald oblonge Glykogentröpfchen. Mit dem Uebergang der Leukocyten in Eiterzellen scheint der Glykogengehalt nicht immer zu schwinden, Salomon konnte dieses Kohlehydrat noch aus Abscess-Eiter darstellen, während es in manchen anderen Eiterarten vermisst wird.

Im leukämischen Blut sind flüchtige Fettsäuren und Milchsäure, ausserdem ein peptonartiger Körper aufgefunden worden, es ist aber zweifelhaft, ob diese Stoffe als Bestandtheile der normalen Leukocyten gelten dürfen. Wie wir weiter unten berichten werden, hat man den weissen Blutkörperchen eine wichtige Rolle bei der Fibringerinnung zugeschrieben und zwar soll ihre Einwirkung auf diesen Process bedingt sein durch ein in ihnen enthaltenes Ferment, das „Fibrinferment". —

Die rothen Blutkörperchen.

Diese Gebilde können nach einer von Hoppe-Seyler angegebenen Methode leicht und in vollkommener Reinheit aus dem Blute isolirt werden, indem man das defibrinirte Blut mit verdünnter Kochsalzlösung mischt [1] und diese Mischung bis zur Senkung der rothen Blutkörperchen in einem flachen Gefäss sich selbst überlässt, beziehungsweise durch die Centrifuge zur Senkung bringt. Bei solchen Blutarten, deren rothe Blutkörperchen Kerne besitzen, nimmt man statt der Kochsalzlösung eine Lösung von schwefelsaurem Natron [2], da das Nucleïn durch die Kochsalzlösung gequellt wird. Zur völligen Entfernung des Serums werden die gesenkten und durch Abgiessen der Flüssigkeit isolirten Blutkörperchen noch einmal mit der betreffenden Salzlösung angerührt und nachdem sie sich abgesetzt haben, durch Decantation von der Waschflüssigkeit getrennt.

---

[1]) Auf 1 Vol. Blut 9 Volumina einer Kochsalzlösung, welche im Liter 100 Cc. concentrirte Kochsalzlösung enthält.

[2]) 100 Cc. kalt gesättigte Lösung von schwefelsaurem Natron bis zum Liter aufgefüllt.

Die Möglichkeit der Reingewinnung dieser Formbestandtheile ist für die Histochemie sehr werthvoll, da man bis jetzt nur in wenigen Fällen im Stande ist, eine histologisch gleichartige Masse als Untersuchungsobject zu gewinnen. Aus diesem Grunde sind die chemischen Kenntnisse dieser Gebilde — vorwiegend durch Hoppe-Seyler's Untersuchungen — weiter entwickelt, als die der meisten Gewebselemente.

Das Gewicht der rothen Blutkörperchen beträgt ungefähr ein Drittel vom Gewicht des ganzes Blutes (Hoppe-Seyler 20, XV, S. 185). Diese Gebilde enthalten weniger Wasser als die meisten Organe des menschlichen Körpers, der Wassergehalt beträgt beim

Mensch	57,7	Procent
Pferd	60,9	„
Hund	56,9	„
Rind	60,0	„

Nuclein, Histon, Lecithin, Cholesterin in den rothen Blutkörperchen.

Die rothen Blutkörperchen besitzen im jugendlichen Zustand Kerne und dieser Kerngehalt bleibt den Vögeln, Reptilien und Amphibien erhalten, während er bei den Säugethieren im Laufe der Entwickelung schwindet. Dementsprechend ist auch die chemische Zusammensetzung eine verschiedene; in den rothen Blutkörperchen der ersterwähnten Thiere sind — soweit bis jetzt bekannt — sämmtliche primäre Bestandtheile vorhanden, den Blutkörpern der Säuger hingegen fehlt das Nucleïn. Wie schon früher erwähnt, giebt sich dieser Unterschied in der chemischen Zusammensetzung sehr deutlich zu erkennen, wenn man die Einwirkung des Wassers auf die rothen Blutkörperchen beobachtet; die der Säugethiere lösen sich in Wasser bis auf einen zarten Rest, das „Stroma" („Oekoid"), während die kernhaltigen Blutkörperchen der Vögel u. s. w. eine reichliche Menge gequollener Massen zurücklassen, die vorwiegend aus Nucleïn bestehen und neben den Bestandtheilen des Kerns noch das Stroma enthalten. Diese Masse kann durch Waschen mit Wasser völlig vom Blutfarbstoff befreit werden, sie schrumpft nach Zusatz von Säuren, quillt in neutralen, sowie alkalisch reagirenden Salzlösungen und wird durch Natronlauge in der Kälte langsam zu einer schleimigen Masse umgewandelt. Unterwirft man diese Kernsubstanz der Pepsin-Verdauung, so bleibt das Nucleïn (wahrscheinlich noch nicht im reinen Zustand) zurück, dasselbe enthält ungefähr 7 Procent Phosphor und liefert bei

der Einwirkung siedenden Wassers Eiweiss, Phosphorsäure sowie ein Gemenge der Nucleïnbasen.

Neben dem Nucleïn und wahrscheinlich in chemischer Verbindung mit ihm befindet sich im Kern der rothen Blutkörperchen des Vogelblutes eine Substanz von den Eigenschaften der Albumosen, für welche ich den Namen „Histon" vorgeschlagen habe (20, VII, S. 511). Das Histon kann der Kernmasse durch verdünnte Salzsäure entzogen werden, die salzsaure Lösung wird durch Ammoniak gefällt. Hierbei erleidet es eine Umwandlung, welche der Coagulation eines Eiweisskörpers durch die Hitze ähnlich ist und welche mit einer Veränderung der procentischen Zusammensetzung Hand in Hand geht. Der ursprüngliche Körper enthält 50,67 % C; 6,99 % H; 17,93 % N; 0,50 % S; 23,91 % O; nach der Umwandlung durch Ammoniak: 52,31 % C; 7,09 % H; 18,46 % N; 22,14 % $O + S$. Die Menge des Histons entspricht etwa 36 Procent der beim Auflösen des Blutkörperchens zurückbleibenden Masse. Diese Albumose scheint zum festen Bestand der Zellkerne zu gehören, da sie nach meinen Versuchen auch nach längerer Hungerperiode nicht schwindet. Das Vorkommen einer Albumose in der Kernsubstanz steht nicht isolirt da; in den Spermatozoën gewisser Fische findet sich, wie schon früher erwähnt (dieser Bd. S. 55), ein ähnlicher von Miescher als „basisches Pepton" bezeichneter Körper in Vereinigung mit dem Nucleïn.

Als primäre, durch die rothen Blutkörperchen aller Thierarten verbreitete Stoffe sind das Lecithin und das Cholesterin zu nennen. Die Menge dieser Stoffe wurde von Hoppe-Seyler in menschlichem Blut bestimmt, welches während des Lebens aufgefangen war. das Lecithin betrug 1,62 gr, das Cholesterin 5,70 gr in 1000 gr der feuchten rothen Blutkörperchen (20, XV, S. 179)[1].

Die Blutfarbstoffe.

Die Hauptmenge der festen Bestandtheile der rothen Blutkörperchen wird von dem Blutfarbstoff gebildet. Wie im ersten Bande dieses Lehrbuchs S. 269 erwähnt ist, kann dieser Farbstoff in krystallisirtem Zustand dargestellt werden, diese Krystalle wurden von Reichert zuerst gesehen und von Funke künstlich dargestellt, aber als gefärbte Eiweisskrystalle gedeutet; Hoppe-Seyler erwies zuerst ihre Identität mit dem Blutfarbstoff und schuf durch seine Untersuchungen die Grundlage für unsere heutigen Kenntnisse über dieses

[1]) Die abweichenden Zahlen von Manasse siehe 20, XIV 437.

Gebiet. Der Blutfarbstoff findet sich sowohl in Verbindung mit Sauerstoff als Oxyhämoglobin, als auch im sauerstofffreien Zustand als Hämoglobin. Ersteres ist vorwiegend im arteriellen, letzteres im venösen Blute enthalten.

Die Menge des Farbstoffs in den menschlichen rothen Blutkörperchen beträgt nach einer Analyse von HOPPE-SEYLER (20, XV, S. 181) 40,4 % vom Gewicht des feuchten Blutkörperchens und 95,5 % aller organischen Bestandtheile desselben, dieses Mengenverhältniss kann sich aber unter physiologischen und pathologischen Verhältnissen etwas verändern. In den kernhaltigen Blutkörperchen ist der Gehalt an Hämoglobin entsprechend dem Gewicht des Kerns geringer, z. B. in denen der Gans 62,65, in denen der Ringelnatter 46,7 % der organischen Stoffe.

Wir betrachten zunächst die Eigenschaften des Blutfarbstoffs, wie er aus der Zersetzung der rothen Blutkörperchen hervorgeht.

Die Blutfarbstoffe gehören in die Gruppe der Proteïde (s. Bd. I, S. 261), da sie neben einer „Eiweissgruppe" einen zweiten Atomcomplex enthalten, welcher die eigenthümliche Lichtabsorption bedingt („Farbstoffgruppe"). Die Untersuchung der Blutfarbstoffe verschiedener Thiere hat zu dem Ergebniss geführt, dass es verschiedene Oxyhämoglobine giebt, welche sich durch ihre Krystallformen, ihre Löslichkeitsverhältnisse und ihre Zusammensetzung von einander unterscheiden. Die Krystalle sind früher (Bd. I, S. 270) beschrieben, daselbst ist auch ihre Darstellungsweise, ihre Löslichkeit u. s. w. angegeben. Einige Analysen der Oxyhämoglobine sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Thierspecies	*C*	*H*	*N*	*O*	*S*	*Fe*	*P*	Analytiker
Pferd	54,87	6,97	17,31	19,73	0,65	0,47	—	KOSSEL (20, II, S. 149).
„	54,76	7,03	17,28	19,81	0,67	0,45	—	OTTO (6, XXXI, 240).
„	54,40	7,20	17,61	19,67	0,65	0,47	—	BÜCHELER (20, VIII, 362).
„ (s. u.)	54,80	7,00	17,06	19,86	0,68	0,47	—	V. NENCKI u. SIEBER (109).
„	51,15	6,76	17,94	23,42	0,3899	0,3351	—	ZINOFFSKY (20, X, S. 16).
Hund	53,85	7,32	16,17	21,84	0,39	0,43	—	HOPPE-SEYLER (119 A).
„	54,57	7,22	16,38	20,93	0,568	0,336	—	JAQUET (20, XIV, 289).
Schwein	54,71	7,38	17,43	19,60	0,479	0,399	—	HÜFNER (120).
Rind	54,66	7,25	17,70	19,54	0,447	0,40	—	HÜFNER (120).
Gans	54,26	7,10	16,21	20,69	0,59	0,43	0,34	HOPPE-SEYLER (119 A).
Huhn	52,47	7,19	16,45	22,50	0,859	0,335	0,197	JAQUET (20, XIV, 289).

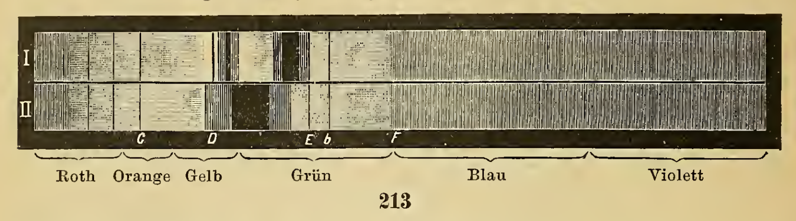
Es ist noch nicht möglich, nach diesen Zahlen eine Formel für das Oxyhämoglobin aufzustellen. Sogar das Verhältniss zwischen Eisen

und Schwefel scheint bei verschiedenen Thierspecies zu wechseln. Beim Hunde kommen nach Jaquet auf 1 Atom Eisen 3 Atome Schwefel, beim Pferde 2 Atome Schwefel (Zinoffsky). Ob die von Hoppe-Seyler gefundene und später von Jaquet bestätigte Phosphorsäure dem Molekül des Vogelblut-Hämoglobins angehört, oder ob Nucleïnsäure in den analysirten Krystallen enthalten war, ist noch nicht zu entscheiden. Wie die meisten Proteïde wird auch das Oxyhämoglobin durch gewisse Einflüsse in einen unlöslichen, coagulirten Zustand übergeführt. Werden die Krystalle des Oxyhämoglobins mit absolutem Alkohol bei gewöhnlicher Temperatur in Berührung gelassen, so bildet sich aus ihnen allmählig ein unlösliches Product, von Nencki „Parahämoglobin" genannt, dasselbe stimmt in seiner chemischen Zusammensetzung völlig mit dem Oxyhämoglobin überein (119); nach Hoppe-Seyler ist in diesem Product die Verbindung zwischen der Eiweissgruppe und der Farbstoffgruppe bereits gelöst (20, X, 333).

Die Oxyhämoglobine lösen sich in sehr verdünnten Lösungen von Alkalien und kohlensaurem Alkali leichter als in Wasser. Stärkere Concentration des Alkalis führt zur Zersetzung; Sättigung der Lösung mit kohlensaurem Kali bei 0° hat völlige Abscheidung des Blutfarbstoffs ohne Zersetzung zur Folge. Oxalsäure, Phosphorsäure, Weinsäure bewirken Zersetzung ohne gleichzeitige Fällung, Essigsäure fällt nur in concentrirtem Zustande. Die meisten Salze schwerer Metalle rufen in Blutfarbstofflösungen Fällung und gleichzeitige Zersetzung hervor, neutrales oder basisches Bleiacetat fällen nicht.

Die im Oxyhämoglobin vorhandene Vereinigung des Sauerstoffmoleküls mit dem Blutfarbstoff kann durch das Vacuum, durch einen Strom indifferenten Gases und durch Reductionsmittel (z. B. Schwefelammon) gelöst werden, hierbei entsteht Hämoglobin. Letzteres vereinigt sich mit dem atmosphärischen Sauerstoff wiederum zu der Molekülverbindung: dem Oxyhämoglobin. Nach den Versuchen von Hüfner (20, I, S. 389) ist in 1 g Oxyhämoglobin des Hundes 1,592 Cc Sauerstoff (bei 0° und 760 mm Barometerstand) enthalten. Die Lösung dieser molekularen Verbindung erfolgt nach Siegfried's Versuchen (121) in zwei Phasen, da ein Theil des Sauerstoffs fester gebunden ist als der andere. Durch gewisse Reductionsmittel (z. B. hydroschweflige Säure) wird nur der locker gebundene Sauerstoff entfernt, durch das Vacuum hingegen der ganze Sauerstoff. Siegfried nennt die bei dieser Sauerstoffentziehung sich bildende Zwischenstufe, welche nur den fester gebundenen Sauerstoff enthält, Pseudohämoglobin.

In dem Oxyhämoglobin ist eine Atomgruppe enthalten, welche die in nebenstehender Figur 213, I dargestellte Lichtabsorption bewirkt, dieselbe Lichtabsorption zeigt die in den rothen Blutkörperchen enthaltene Verbindung des Oxyhämoglobins. Die Absorptionsstreifen liegen



213

zwischen den Linien D und E. Wird dem Oxyhämoglobin der locker gebundene oder der gesammte Sauerstoff entzogen, so zeigt sich das Figur 213, II dargestellte Absorptionsspectrum, welches dem Hämoglobin und dem „Pseudohämoglobin" zugehört.

Die Hämoglobine können wie die Oxyhämoglobine in krystallisirtem Zustand erhalten werden, sie sind leichter in Wasser löslich als diese (cf. Bd. I, S. 272). Sie werden durch Fäulniss bei Sauerstoff-Abschluss nicht verändert, man stellt sie auch durch Fäulniss aus Oxyhämoglobin dar. Sie vereinigen sich leicht mit dem molekularen Sauerstoff, mit Kohlenoxyd, Stickoxyd, Kohlensäure und anderen Stoffen. Eine Beschreibung dieser Verbindungen entspricht nicht unserm Plane, es sei nur hervorgehoben, dass die Bindung des Kohlenoxyds durch dieselbe Atomgruppe bewirkt wird, welche auch die Bindung des Sauerstoffs bedingt, dass die Vereinigung des Kohlenoxyds mit dem Hämoglobin fester ist, als die des Sauerstoffs und dass ein Molekül Kohlenoxyd sich mit derselben Hämoglobin-Menge vereinigt, welche ein Molekül Sauerstoff zu binden vermag.

An den Blutfarbstoffen können sich noch weitere Umwandlungen vollziehen, ohne dass die zwischen dem Eiweiss und der Farbstoffgruppe bestehende Verbindung gelöst wird. In dieser Weise wird das Methämoglobin gebildet (Hoppe-Seyler 122). Dieser Farbstoff findet sich unter pathologischen Verhältnissen im Organismus vor und entsteht nach dem Einathmen von Untersalpetersäure und bei ähnlichen Vergiftungen in dem lebenden Thiere. Er bildet sich aus Oxyhämoglobin und Hämoglobin reichlich bei der Einwirkung von activem Sauerstoff, Ozon, übermangansaurem Kali, Ferricyankalium, chlorsaurem Kali und bei vielen Zersetzungsprocessen des Blutfarbstoffs in geringen Mengen. Man stellt die Krystalle des Methämoglobins dar, indem man eine concentrirte Lösung von Oxyhämoglobin

mit einer concentrirten Lösung von Ferricyankalium versetzt, bis die hellrothe Lösung eine rothbraune Farbe annimmt. Die abgekühlte Flüssigkeit wird mit 1/4 Volumen Alkohol versetzt, nach einigem Stehen scheiden sich die Krystalle ab (Hüfner und Otto 20, VII, 65). Dieselben sind doppelbrechend und bestehen zum Theil aus Nadeln, zum Theil aus granatrothen Prismen und sechsseitigen Tafeln von 1 mm Durchmesser (Hammarsten 123). Das Methämoglobin ist in Alkohol und Aether unlöslich, in etwa 17 Theilen Wasser löslich zu einer braunen, durch Alkalien roth gefärbten Flüssigkeit, welche nicht durch neutrales Bleiacetat gefällt wird, wohl aber durch Quecksilberchlorid, ferner durch Bleiessig und Ammoniak. Die alkalische Lösung zeigt 3 Absorptionsstreifen, deren zwei den Absorptionsstreifen des Oxyhämoglobins sehr ähnlich sind, während der dritte, schwächere Streifen zwischen C und D im Roth nahe an D liegt (Hoppe-Seyler). Die Zusammensetzung des Methämoglobins ist der des Oxyhämoglobins, aus dem es entstanden ist, sehr ähnlich (Hoppe-Seyler 20, II, S. 150, Hüfner und Otto 20, VII, 65). Nach Hoppe-Seyler (20, II, 152) wird das Methämoglobin durch Reductionsmittel, insbesondere auch durch Fäulniss bei Sauerstoff-Abschluss in Hämoglobin zurückverwandelt. Ueber das Verhältniss des Methämoglobins zum Oxyhämoglobin sind die Ansichten getheilt, da einige Forscher annehmen, dass das Methämoglobin mehr Sauerstoff enthalte, als das Oxyhämoglobin, andere, dass es weniger enthalte, noch andere, dass die Zusammensetzung beider die gleiche sei. Durch Elementaranalyse kann eine Entscheidung nicht getroffen werden, da die Unterschiede im Sauerstoffgehalt wegen der Grösse des Moleküls nicht zu erkennen sind.

Zersetzungsproducte der Blutfarbstoffe (Hämochromogen, Hämatin, Hämin, Hämatoporphyrin, Hämatoidin).

Wenn die Verbindung zwischen dem Eiweiss und der Farbstoffgruppe bei Abwesenheit von Sauerstoff gelöst wird, so entsteht neben der Eiweisssubstanz ein Körper, welcher von Hoppe-Seyler als Hämochromogen bezeichnet worden ist. Findet hingegen die Zersetzung bei Gegenwart von Sauerstoff statt, so bildet sich das Hämatin, ein Oxydationsproduct des Hämochromogens.

Das Hämochromogen enthält noch das gesammte Eisen des Hämoglobins, es kann in krystallisirtem Zustande dargestellt werden, indem man Natronlauge in einer Wasserstoffatmosphäre bei 100° auf Hämoglobin einwirken lässt (Hoppe-Seyler 20, XIII, 477). Dieser Körper findet sich zwar in den Geweben nicht vor, aber seine Kenntniss ist unerlässlich für das Verständniss der Eigenschaften des Blut-

farbstoffs. In ihm findet sich diejenige Atomgruppe, welche die Verbindung von Sauerstoff und von Kohlenoxyd mit dem Hämoglobin ermöglicht, noch erhalten und es hat sich in Hoppe-Seyler's Versuchen gezeigt, dass in der Kohlenoxydverbindung auf ein Atom Eisen des Hämochromogens 1 Molekül Kohlenoxyd vorhanden ist. Die alkalische Lösung des Hämochromogens hat eine schön rothe Farbe, die charakteristische Lichtabsorption des Hämoglobins zwischen D und E ist auch dem Hämochromogen eigenthümlich, letzteres besitzt noch einen schwächeren Absorptionsstreif zwischen E und b (Stokes, Hoppe-Seyler). Durch die Ablösung des Hämochromogens vom Eiweiss, mit dem es im Hämoglobin wahrscheinlich in einer esterartigen Verbindung steht, hat die eigenthümliche Atomgruppe ihre Widerstandsfähigkeit verloren, denn das Hämochromogen verwandelt sich schon an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur unter Sauerstoff-Aufnahme in das Hämatin und dieses enthält die Atomgruppe, welche Sauerstoff, Kohlenoxyd u. s. w. bindet, nicht mehr. Zugleich wird bei dieser Umwandlung die Lichtabsorption eine andere. Das Hämatin kann aber durch Reductionsmittel wieder in Hämochromogen übergeführt werden und deshalb hat das letztere auch von Stokes den Namen „reducirtes Hämatin" erhalten.

Das Hämatin entsteht, wie aus dem Vorhergehenden folgt, aus dem Hämoglobin durch Spaltung und gleichzeitige Oxydation. Während die Hämoglobine der verschiedenen Thierarten verschiedene sind, giebt es nur ein Hämatin. Dieser Körper bildet sich bei der Einwirkung von saurem Alkohol auf Blutfarbstoff[1]. Man stellt ihn am reinsten aus den Krystallen seiner salzsauren Verbindung dar, welche unter dem Namen „Häminkrystalle" bekannt sind. Die Häminkrystalle werden gewonnen, indem man die getrockneten Blutkörperchen in der Wärme mit Eisessig bei Anwesenheit von etwas Kochsalz extrahirt. Die ausgeschiedenen Häminkrystalle lösen sich leicht in verdünnten Alkalilösungen, eine solche Lösung giebt auf Zusatz einer verdünnten Säure einen Niederschlag von Hämatin. Das Hämatin entsteht durch die mannichfachsten Zersetzungsprocesse aus dem Hämoglobin bei Gegenwart von Sauerstoff, auch durch Einwirkung von Pepsin auf Blut.

Das Hämatin ist amorph, in dünnen Schichten braun durchsichtig, im auffallenden Licht blauschwarz, es ist unlöslich in Wasser, Alkohol, Aether und verdünnten wässerigen Säuren, wenig löslich in

[1]) Hämatin bildet sich häufig in anatomischen Präparaten, welche unter Alkohol aufbewahrt werden, solche Präparate sind am Boden oft rosa bis purpur gefärbt, da hier in Folge der Fäulniss Hämochromogen entsteht (Hoppe-Seyler 20, X, 335).

Eisessig und in concentrirter Salzsäure, leicht löslich in den Lösungen von Alkalien und in angesäuertem Alkohol. Die alkalischen Lösungen werden durch Kalk- oder Barytlösung gefällt. Sie erscheinen im durchfallenden Licht in dicken Schichten schön roth, in dünnen Schichten grünlich; die sauren Lösungen sind braun. Sowohl die alkalischen wie die sauren alkoholischen Lösungen des Hämatins zeigen einen Absorptionsstreifen zwischen C und D, in alkalischen Lösungen liegt dieser Streifen näher an D oder überschreitet diese Linie und ist ziemlich schlecht begrenzt, in sauren alkoholischen Lösungen ist er schärfer begrenzt und näher an C gerückt. Ausserdem zeigt eine saure Lösung eine zwischen D und F gelegene Absorption mit verwaschenen Grenzen, die sich bei passender Verdünnung in zwei Streifen auflöst.

Das salzsaure Salz des Hämatins wird als H ä m i n[1] bezeichnet. Wie TEICHMANN im Jahre 1853 fand, ist es leicht, aus kleinen Blutmengen die Krystalle dieser Verbindung (siehe Figur 214) darzustellen und sie unter dem Mikroskop zu identificiren[2]. Man benutzt die Häminkrystalle allgemein zum gerichtlichen Nachweis von Blut. Zur Darstellung von grösseren Mengen kann man sich auch des siedenden Amylalkohols bedienen, dem man etwas concentrirte Salzsäure zufügt (NENCKI und SIEBER 124).


214

HOPPE-SEYLER stellte für das Hämatin die Formel $C_{68} H_{70} N_8 Fe_2 O_{10}$ auf, welche eine Verdoppelung der Formel $C_{34} H_{35} N_4 Fe O_5$ ist. NENCKI und SIEBER (l. c.) geben der Formel $C_{32} H_{32} N_4 Fe O_4$ den Vorzug, weil diese die Beziehungen des Hämatins zum Bilirubin leichter erklärt. Nach HOPPE-SEYLER's Ansicht ist das Hämatin wahrscheinlich eine Ferriverbindung, während das Hämochromogen nachweisbar das Eisen als Ferro-Atom enthält. Durch die Einwirkung von concentrirter Schwefelsäure auf Hämatin oder von verdünnterer Säure auf Hämochromogen entsteht neben einem nicht genauer charakterisirten Product unter Abspaltung des Eisens ein weiteres Zersetzungsproduct, welches von HOPPE-SEYLER als H ä m a t o p o r p h y r i n

---

[1]) NENCKI und SIEBER wenden die Bezeichnung Hämin für eine hypothetische Substanz an, welche in Verbindung mit Salzsäure die TEICHMANN-schen Krystalle bilden soll (124).

[2]) Für die Darstellung der Häminkrystalle wird eine kleine Menge des frischen oder eingetrockneten Blutes auf dem Objectträger unter Zusatz einer Spur Kochsalz mit Eisessig versetzt und unter dem Deckglas bei Wasserbad-Temperatur eindunsten lassen (siehe Bd. I, S. 273).

bezeichnet worden ist (MULDER's „eisenfreies Hämatin"). Dieselbe Substanz kann auch durch bromwasserstoffhaltigen Eisessig aus Häminkrystallen dargestellt werden (NENCKI und SIEBER 125). Das Hämatoporphyrin scheint bei niederen Thieren (MAC MUN 126), unter Umständen auch in den Geweben der Säugethiere (TAPPEINER 127) präformirt vorzukommen. Dasselbe ist amorph, bildet aber ein krystallisirendes Anhydrid (NENCKI und ROTSCHY 128) und krystallisirende Verbindungen mit Natron und Salzsäure (NENCKI und SIEBER 125). Es besitzt im trocknen Zustande violetten Glanz und ist in dünnen Schichten grünlich durchsichtig. In Wasser und in verdünnter Essigsäure ist es fast unlöslich, in Aether, Amylalkohol und Chloroform etwas löslich, in verdünnten Mineralsäuren, in den Lösungen freier und kohlensaurer Alkalien und in Alkohol leicht löslich. Die Lösungen zeigen eine rothe Farbe. Saure Lösungen lassen einen schwächeren Absorptionsstreif bei D beginnend nach dem rothen Theil des Spectrums hin und einen stärkeren zwischen D und E erkennen; alkalische Lösungen haben vier Absorptionsstreifen, zwei stärkere auf den Linien D und b, beide mehr nach dem violetten Theil des Spectrums hin ausgedehnt, und zwei schwächere, deren einer zwischen C und D und deren anderer zwischen D und E gelegen ist (HOPPE-SEYLER 129).

HOPPE-SEYLER hat nach seinen Analysen die Zusammensetzung: $C_{68} H_{78} N_8 O_7$ berechnet, während NENCKI und SIEBER die Formel $C_{16} H_{18} N_2 O_3$ für das freie Hämatoporphyrin und $C_{16} H_{18} N_2 O_3 HCl$ für die krystallisirende salzsaure Verbindung angeben (125, 128). Durch Reduction des Hämatoporphyrins mit Zinn und Salzsäure wird ein Farbstoff gebildet, welcher dem aus Gallenfarbstoff entstehenden Urobilin mindestens sehr ähnlich ist.

Hat in das lebende Gewebe hinein ein Bluterguss stattgefunden, so erfolgt allmählich eine Resorption der meisten Bestandtheile des Blutes, Reste des Blutfarbstoffs bleiben aber in Form von Krystallen oft erhalten und diese sind unter dem Namen „Hämatoidinkrystalle" (VIRCHOW) bekannt. Diese Krystalle haben sich als identisch mit Bilirubinkrystallen erwiesen (s. Bd. I, S. 288, Fig. 175). Man muss aus dieser Thatsache schliessen, dass Blutfarbstoff durch die Wirkung der lebenden Gewebselemente in Gallenfarbstoff verwandelt werden kann; ausserhalb des Organismus konnte man diese Umwandlung noch nicht vollziehen. —

Arterin und Phlebin, Stroma.

Wie wir früher (S. 49) hervorhoben, finden sich viele Bestandtheile der Gewebe in den lebenden Organen nicht als chemische

Individuen vor, sondern in Form von Verbindungen mit anderen Stoffen; diese Verbindungen werden zerlegt, wenn man die Bestandtheile der Gewebe isolirt. In einem derartigen Zustande ist auch der Blutfarbstoff in den rothen Blutkörperchen enthalten, deshalb besitzt das Hämoglobin an seinem Ursprungsorte andere Eigenschaften, als man sie nach obiger Beschreibung erwarten sollte. Der Chemiker lernt den Blutfarbstoff kennen als eine in Salzlösungen, auch im Blutplasma lösliche, leicht krystallisirende Verbindung; der Physiologe aber weiss, dass die Blutkörperchen ihren Farbstoff nicht an das Plasma abgeben, dass sie mit Salzlösungen gewaschen werden können, ohne Hämoglobin zu verlieren, dass die Farbstoffe in dem Blutkörperchen keine Neigung zur Krystallisation verrathen. Das Oxyhämoglobin giebt den locker gebundenen Sauerstoff schwierig und kaum vollständig an das Vacuum ab, die in den rothen Blutkörperchen enthaltene Farbstoff-Verbindung hingegen mit grosser Leichtigkeit. Diese und andere Unterschiede in dem Verhalten des isolirten und des ursprünglichen Farbstoffs haben Hoppe-Seyler veranlasst, für die in den rothen Blutkörperchen vorhandenen Verbindungen die Namen „Arterin" und „Phlebin" zu wählen, ersterer bezeichnet den sauerstoffhaltigen, letzterer den sauerstofffreien Körper. Wenn man die rothen Blutkörperchen durch Wasser zerstört, so wird das Arterin oder das Phlebin zerlegt, das Oxyhämoglobin oder Hämoglobin in Freiheit gesetzt und in Lösung übergeführt. Diese Zerlegung wird durch Zusatz von Aether, Chloroform, Alkohol und durch gallensaure Salze beschleunigt. Da neben dem Oxyhämoglobin resp. Hämoglobin Lecithin entsteht, da ein Theil dieses Lecithins selbst nach Zerstörung des Blutkörperchens durch Aether nicht völlig extrahirbar ist, also in einer Verbindung enthalten sein muss, da ferner das Lecithin auch im Uebrigen die Neigung zeigt, Verbindungen mit Eiweissstoffen einzugehen, so nimmt Hoppe-Seyler eine Vereinigung von Hämoglobin mit Lecithin in den Blutkörperchen an. Die Lichtabsorption in den rothen Blutkörperchen ist dieselbe, wie die des freien Farbstoffs — ein Beweis, dass die Atomgruppe, von welcher zugleich die Lichtabsorption und die Bindung der Gase abhängt, bei der Umwandlung der ursprünglichen Farbstoffe zu Oxyhämoglobin resp. Hämoglobin nicht verändert wird (Hoppe-Seyler 20, XIII, 477).

Wenn man die rothen Blutkörperchen auflöst, so bleibt ein Rest übrig, welcher neben Lecithin und Cholesterin eine gequollene Globulinsubstanz enthält. Dieselbe coagulirt bei 75⁰ und bildet das sogenannte Stroma (Oekoid). Diese Globulinsubstanz kann durch Sättigen mit Kochsalz gefällt werden. Nach Halliburton und Wool-

DRIDGE kann man zu ihrer Ausfällung den vorsichtigen Zusatz einprocentiger Lösung von saurem schwefelsaurem Kali benutzen.

Die anorganischen Bestandtheile der rothen Blutkörperchen. Quantitative Zusammensetzung derselben.

In den rothen Blutkörperchen sind an anorganischen Stoffen stets vorhanden: Kalium, Magnesium, Chlor, Phosphorsäure. Das Natrium fehlt in den rothen Blutkörperchen des Pferdes und des Schweins, findet sich aber in denen des Menschen, des Hundes und des Rindes. Die Alkalien sind wahrscheinlich zum Theil an Kohlensäure gebunden. Die Mengenverhältnisse dieser anorganischen Stoffe ergeben sich aus folgenden Analysen BUNGE's.

In 1000 Gewichtstheilen der rothen Blutkörperchen sind enthalten:

	Schwein	Rind
Wasser	632,1	599,9
Feste Stoffe	367,9	400,1
Anorgan. Stoffe	8,9	4,8
K_2O	5,543	0,747
Na_2O	0	2,093
MgO	0,158	0,017
Cl	1,504	1,635
P_2O_5	2,067	0,703

Wir führen endlich noch eine Analyse HOPPE-SEYLER's an, welche die organischen Bestandtheile der menschlichen Blutkörperchen betrifft (20, XV, S. 181).

In 1000 Gewichtstheilen rother Blutkörperchen:

Oxyhämoglobin	404,06	Gewichtstheile
Albuminstoffe	0,81	„
Lecithin	1,62	„
Cholesterin	5,70	„
Alkoholauszug	1,59	„
Wasserauszug	7,72	„
Feste organische Stoffe	423,41	„
Wasser und anorganische Stoffe	576,59	„

Das Blutplasma.

Man kann das Plasma nur aus solchen Blutarten gewinnen, welche, wie das Pferdeblut, sehr langsam gerinnen, oder denen die Gerinnungsfähigkeit künstlich genommen ist. Wenn man Pferdeblut in einem stark abgekühlten Glasgefäss direct aus der Ader auffängt und bei 0° stehen lässt, so kann die Gerinnung mehrere Tage verzögert werden. Die Blutkörperchen senken sich und zwar die rothen schneller als die weissen. Man sieht daher bei diesem Versuch drei

Schichten entstehen, deren untere die rothen Blutkörperchen bilden, die mittlere Zone enthält die Leukocyten, während oben das Plasma, frei von körperlichen Elementen, als gelbe Flüssigkeit erscheint.

Wenn man vor der Blutentziehung die Unterleibsorgane eines Thiers aus dem Kreislauf ausschaltet oder wenn man das Blut zwingt, nur durch Herz und Lungen zu circuliren, wenn man dem lebenden Thier gewisse organische Stoffe (Pepton und Albumose, Blutegel-Infus) in die Blutbahn injicirt, wenn man zu dem Blute unmittelbar nach dem Aderlass oxalsaures Kali hinzufügt, so dass dasselbe ungefähr 0,1 Procent des Blutes beträgt, oder wenn man das Blut direct in eine concentrirte Salzlösung (z. B. Magnesiumsulfat[1]) fliessen lässt, so findet eine Gerinnung des aus der Ader gelassenen Blutes nicht statt. Das Plasma, welches man nach den letztgenannten Methoden gewinnt, ist natürlich mit den injicirten Stoffen oder mit dem Salz gemischt („Peptonplasma", „Salzplasma").

Das Blutplasma besitzt alkalische Reaction und enthält folgende Stoffe in gelöstem Zustand: Eiweisskörper, und zwar Serumalbumin, Serumglobulin und Fibrinogen, Seifen, Cholesterin, Lecithin, Zucker, Kreatin, Harnsäure (?), Harnstoff, Hippursäure, Carbaminsäure, Milchsäure, Bernsteinsäure, Farbstoff des Serums, anorganische Salze. In Suspension befindet sich Fett und nach Ehrlich's Angabe (118) auch Tröpfchen von Glykogen. Diese Stoffe gehen mit Ausnahme des Fibrinogens auch in das Blutserum über, das Fibrinogen und ein Theil des Serumglobulins werden beim Gerinnungsprocess der Lösung entzogen.

Die Eiweisskörper des Blutplasmas und die Blutgerinnung.

Das Serumalbumin gehört zu der Bd. I S. 261 beschriebenen Gruppe der Albumine. Seine Gerinnungstemperatur schwankt in weiten Grenzen und dieser Umstand hat sogar zur Annahme mehrerer Serumalbumine Veranlassung gegeben. In salzarmer Lösung wird es weder durch Hitze noch durch Alkohol gefällt, durch Zusatz einer geringen Menge Kochsalz wird die Fällbarkeit wiederhergestellt. Die Zusammensetzung des Serumalbumins vom Menschen ist nach Hammarsten folgende 52,25 % *C*; 6,65 % *H*; 15,88 % *N*; 2,25 % *S*; 22,95 % *O*. Das Serumglobulin (Coagp. 72-75°) wird auch Serumcaseïn, fibrinoplastische Substanz, Paraglobulin genannt und gehört zu den Globulinen (Bd. I S. 262). Es wird vollständig gefällt, wenn man in seine Lösung Magnesiumsulfat bis zur Sättigung einträgt (Hammarsten 6, XVII S. 413, XVIII S. 38) oder wenn man

[1]) 3 Volumina der conc. Lösung auf 1 Vol. Blut.

seine schwach alkalische Lösung mit dem gleichen Volumen gesättigter Ammoniumsulfat-Lösung versetzt (Hofmeister, Kauder 130), bei diesem Verfahren bleibt das Serumalbumin in Lösung. Es wird ferner aus dem Blutserum niedergeschlagen, indem man dasselbe mit Essigsäure neutralisirt oder schwach ansäuert und mit dem 10 bis 20fachen Volumen Wasser fällt. Seine Zusammensetzung ist nach Hammarsten folgende 52,71 % *C*; 7,01 % *H*; 15,85 % *N*; 1,11 % *S*; 23,24 % *O*. Das Fibrinogen ist wie der vorige Eiweisskörper eine Globulinsubstanz und coagulirt bei 52-56 °. Es wird durch Sättigung seiner Lösung mit Kochsalz vollständig niedergeschlagen, während Serumglobulin dadurch nur unvollständig gefällt wird. Bei Zusatz des gleichen Volumens gesättigter Kochsalzlösung zu Fibrinogenlösung entsteht ein Niederschlag, Serumglobulin wird unter diesen Umständen nicht gefällt. Die Zusammensetzung des Fibrinogens ist nach Hammarsten: 52,93 % *C*; 6,90 % *H*; 16,66 % *N*; 1,25 % *S*; 22,26 % *O*.

Die wichtigste Eigenschaft des Fibrinogens ist die Umwandlung in einen unlöslichen Eiweisskörper, das Fibrin, dessen procentische Zusammensetzung von der des Fibrinogens nicht in erheblichem Maasse abweicht. Die Löslichkeitsverhältnisse des unter verschiedenen Bedingungen entstandenen Fibrins sind nicht immer die gleichen. Die Löslichkeit in Kochsalzlösung wird durch die Art der Gerinnung, durch die Alkalesenz der gerinnenden Lösung, durch die Menge der im Gerinnsel eingeschlossenen Leukocyten und durch andere noch nicht genau festzustellende Umstände beeinflusst. Man kann aus venösem Blut Fibrin gewinnen, welches in Kochsalzlösung völlig löslich ist, aus arteriellem hingegen solche Gerinnsel, die sich als unlöslich erweisen (Denis 131, Hammarsten 132). Die Menge des entstehenden Fibrins ist stets kleiner als die Menge der Muttersubstanz, des Fibrinogens, und es ist wahrscheinlich, dass die Bildung von Fibrin auf einer Spaltung des Fibrinogens beruht, wobei neben dem Fibrin in geringer Menge eine Globulinsubstanz: das „Fibringlobulin" entsteht (Hammarsten 132, 133). Diese Umwandlung des Fibrinogens wird nach den Untersuchungen von Alexander Schmidt hervorgerufen durch ein Ferment, das „Fibrinferment", dessen Reindarstellung noch nicht geglückt ist. Das Fibrinferment ist im defibrinirten Blute und in Blutserum enthalten, setzt man einige Tropfen Blut zu einer Lösung, welche Fibrinogen enthält, so wird der Gerinnungsvorgang eingeleitet. Dieser Versuch wurde zuerst von Alex. Schmidt angestellt und begründete die von den meisten Forschern getheilte Ansicht über das Wesen der Blutgerinnung. Wenn man Blutserum mit dem 20fachen Volumen Alkohol fällt und es einige

Monate unter Alkohol stehen lässt, so werden die Eiweisskörper unlöslich und man kann aus dem getrockneten Niederschlag mit Wasser eine Lösung gewinnen, welche reichlich Ferment enthält. Diese Lösung wirkt schon in den geringsten Mengen auf Fibrinogenlösung ein, durch Kochen wird sie unwirksam (ALEXANDER SCHMIDT 134). Bei Abwesenheit von Neutralsalzen kann das Ferment die Umwandlung des Fibrinogens nicht vollziehen (ALEXANDER SCHMIDT). Nach den Untersuchungen von ARTHUS (135) ist die Gegenwart eines Calcium- oder Strontiumsalzes eine nothwendige Bedingung für die fermentative Bildung von Fibrin aus Fibrinogen. Oxalsäure fällt das Calcium als unlösliches Oxalat und hebt deswegen — wie bereits oben erwähnt — die Gerinnungsfähigkeit des Blutes auf.

Die Blutgerinnung beruht im Wesentlichen auf dieser Umwandlung des Fibrinogens durch das Fibrinferment. Wenn das Ferment im Blute in grösserer Menge entsteht, so tritt die Gerinnung ein.

Dieselbe beginnt wenige Minuten, nachdem das Blut die Ader verlassen hat, und ist nach 7-8 Minuten vollendet. Nach einigem Stehen zieht sich der Blutkuchen mehr und mehr zusammen, während das Serum ausgepresst wird. Wenn die Gerinnung langsam erfolgt und das Blut reich an Leukocyten ist, so ist der Blutkuchen von einer helleren Schicht bedeckt, welche aus Leukocyten gebildet ist und Crusta phlogistica genannt wird. Ist das Blut sehr fettreich, so kann sich über dem Blutkuchen in dem ausgepressten Serum noch eine Fettschicht zeigen, welche der Rahmschicht der Milch ähnlich ist.

Unter welchen Bedingungen und aus welchen Bestandtheilen des Blutes bildet sich das Ferment? Welche Bedingungen verhindern die Fibrinbildung in den Gefässen des normalen lebenden Organismus? Auf diese für die Physiologie und Pathologie sehr wichtigen Fragen lauten die Antworten der Forscher noch verschieden. Es liegt nicht im Plane dieses der descriptiven Wissenschaft gewidmeten Lehrbuchs, die Versuche, welche man zur Erklärung der Blutgerinnung angestellt hat und die daraus entwickelten Ansichten ausführlich wiederzugeben; nur das Wichtigste sei erwähnt.

BRÜCKE's Versuche (8, XII S. 92) erwiesen, dass die lebende Gefässwand sich dem Blute gegenüber anders verhält, als die meisten festen Körper. Man kann das Blut in dem Herzen oder in den Blutgefässen mehrere Stunden aufbewahren, ohne dass es gerinnt, bringt man aber kleine Glastheilchen in diese Gefässe, so bleibt die Gerinnung nicht aus. Aus den Experimenten FREUND's (136) muss man

den Schluss ziehen, dass die Adhäsion der Flüssigkeit oder der in der Flüssigkeit suspendirten Formelemente an einer fremden Oberfläche bei der Gerinnung eine Rolle spielt. Wenn man die Adhäsion dadurch verhindert, dass man die Gefässe, mit welchen das Blut in Berührung kommt, einfettet, so wird die Gerinnung verzögert.

Nach Alexander Schmidt gehen bei der Gerinnung des Blutes Leukocyten in grosser Menge zu Grunde und bei ihrem Zerfall wird das Fibrinferment gebildet. Das Blutplasma übt eine zerstörende Wirkung auf diese zelligen Elemente aus, auch während des Lebens soll stetig eine gewisse Zahl von Leukocyten zersetzt werden, aber der Organismus soll die Fähigkeit haben, sich in gewissem Umfang gegen das dabei entstehende Ferment zu schützen. Auch andere Zellen z. B. Spermatozoën, Lymphzellen, feinzellige Organismen, Pilzarten sind nach den Untersuchungen von Alexander Schmidt und seinen Schülern im Stande Fibrinferment zu bilden und sie rufen daher ebenfalls eine Fibringerinnung im Blutplasma hervor.

Nach einer anderen hauptsächlich von Bizzozero (8, XC S. 261) vertretenen Ansicht sollen nicht die Leukocyten, sondern die Blutplättchen das Fibrinferment liefern. Nach Wooldridge (137) sind alle Bedingungen für die Fibringerinnung im Plasma vorhanden und die geformten Elemente sollen überhaupt keine Rolle bei der Blutgerinnung spielen. Freund (136) nimmt an, dass in Folge des Uebergangs von Alkaliphosphat aus den körperlichen Elementen in das calciumreichere Plasma phosphorsaurer Kalk gebildet werde, dessen Ausscheidung die Fibrinbildung hervorrufe.

Wie Alexander Schmidt gezeigt hat, ensteht das Fibrin bei der Blutgerinnung nicht ausschliesslich aus dem Fibrinogen, sondern auch das Serumglobulin (die „fibrinoplastische Substanz") nimmt an seiner Bildung theil. Diese Betheiligung ist nach Hammarsten in der Weise aufzufassen, dass das Serumglobulin von dem entstehenden Fibrin mechanisch eingeschlossen wird.

Die Mengenverhältnisse der drei Eiweisskörper des Blutplasmas ergeben sich aus folgenden Zahlen, welche die Mittelwerthe dreier von Hammarsten ausgeführter Analysen des Pferdeblutplasmas angeben.

In 1000 Theilen Blutplasma

Wasser	917,6
Feste Stoffe	82,4
Fibrin	6,5
Globulin	38,4
Serumalbumin	24,6
Gesammt-Eiweiss	69,5

Die übrigen organischen Stoffe des Blutplasmas.

Zuckerarten finden sich im Blutplasma beziehungsweise im Serum nicht nur nach Fütterung mit Stärkemehl (Tiedemann und Gmelin 138), sondern auch im nüchternen Zustand und in jedem Blute vor (Cl. Bernard 139, C. Schmidt 140). Die im Blute vorhandene Zuckerart reducirt Kupferoxyd und lenkt die Ebene des polarisirten Lichtes nach rechts ab, kann also Traubenzucker sein. (Ewald 141, Abeles 142, Külz 143). Daneben finden sich aber auch noch andere Kohlehydrate; Otto beobachtete neben der Glucose eine andere nicht gährungsfähige, reducirende Zuckerart und v. Mering (144) sah nach reichlicher Fütterung mit Dextrin und Stärke im Pfortaderblut einen Körper auftreten, welcher zu den zusammengesetzten Kohlehydraten gehören muss. Berechnet man den Zucker des normalen Hundebluts als Traubenzucker, so ergiebt sich die Menge desselben zu 1 bis 1,5 Thlen. in 1000 Thlen. Blut (v. Mering). Nach Chauveau und Kaufmann (145) wird der Zucker dem Blute durch die Gewebe entzogen, Barral (146) zeigte vor Kurzem, dass auch im Blute beim Stehen eine Zerstörung des Zuckers zu beobachten ist, besonders bei Brutwärme, diese Zersetzung wird nach Lépines Ansicht durch ein Ferment bewirkt, dessen Ursprung in der Pankreasdrüse zu suchen ist; beim Diabetes soll dasselbe fehlen (147). Nach Cl. Bernard und Chauveau soll die Leber dem Blute Zucker zuführen, es herrscht aber heute noch keine Uebereinstimmung darüber, ob das Blut der Pfortader oder das der Lebervene reicher an Zucker sei. Hingegen ist durch die Untersuchungen von Cl. Bernard, Chauveau und Barral sicher gestellt, dass das arterielle Blut reicher an Zucker ist, als das venöse, oder dass der Zucker aus dem venösen Blut leichter verschwindet.

Die Menge des Harnstoffs wurde im Hundeblut von W. v. Schröder zu 0,04-0,05 Procent gefunden, im Blute des Haifisches, dessen Nierenthätigkeit eine sehr träge ist, beträgt sie das 50fache. Voit (148) bestimmte die Menge des Kreatins im Blute und fand 0,03-0,1 % (10, IV S. 93). Nach Drechsel finden sich im Blutserum des Hundes Salze der Carbaminsäure $CO{NH_2 \atop OH}$, welche eine Vorstufe des Harnstoffs darstellen (149).

Die Menge des Lecithins, Cholesterins, der Seifen und der Fette ist im gewöhnlichen Zustand gering, nur bei abnormer Ernährung, z. B. bei gemästeten Gänsen, bei Diabetikern, oder bei jungen Thieren können sie zur Bildung der oben erwähnten Fettschicht Veranlassung geben. Auch Bernsteinsäure, Milch-

säure und Hippursäure sind als Bestandtheile des Serums angegeben, der Farbstoff, welcher dieser Flüssigkeit die gelbe Färbung verleiht, ist nach Hoppe-Seyler vielleicht mit dem Luteïn, dem Farbstoff der Corpora lutea und des Eidotters identisch.

Der Gehalt des Blutserums an einigen der genannten Stoffe ergiebt sich aus folgender von Hoppe-Seyler an menschlichem Blut angestellter Analyse (20, XV, S. 181).

In 1000 Theilen Blutserum

Albuminstoffe	67,68
Lecithin	2,323
Cholesterin	0,654
Fette	3,473
Alkoholauszug	1,63
Wasserauszug	2,18
Anorgan. Salze	7,53
Feste Stoffe	85,47
Wasser	914,53
	1000,00

Die anorganischen Bestandtheile des Blutplasmas.

Die anorganischen Bestandtheile des Blutplasmas sind folgende: Natrium, Calcium, Magnesium, Chlor, Schwefelsäure, Phosphorsäure, ferner sind zuweilen Spuren von Kieselsäure und Fluor nachgewiesen. Der Eisengehalt des Plasmas muss noch als zweifelhaft betrachtet werden, da schon geringe Verunreinigungen mit Blutfarbstoff genügen, um die Eisenreaction erscheinen zu lassen.

Die in der folgenden Tabelle mitgetheilten Analysen von C. Schmidt (140) und Bunge (150) lassen die quantitativen Verhältnisse erkennen.

In 1000 Theilen Blutserum

	I von Menschenblut (Carl Schmidt)	II von Schweineblut (Bunge)
K_2O	0,387	0,273
Na_2O	4,290	4,272
SO_3	0,130	—
Cl	3,565	3,611
CaO	0,155	0,136
MgO	0,101	0,038
Fe_2O_3	—	0,011

In dieser Zusammenstellung ist die Phosphorsäure nicht mit angeführt, weil sich aus den Analysen nicht ersehen lässt, ein wie grosser Bruchtheil derselben dem Lecithin angehört. Die Menge des Phosphats als Na_2HPO_4 wird zu 0,05-0,09 angegeben (Mroczkowski 151). Durch Dialyse lassen sich die Salze entfernen, ich erhielt durch Dia-

lyse aus 100 *Cc* Hundeblutserum soviel Kohlensäure, wie 0,361 pro Mille $Na_2\,CO_3$ entspricht. Diese Zahlen geben nicht zugleich den Gehalt des Plasmas an anorganischen Stoffen an, da ein Theil derselben mit dem Fibrin ausgeschieden wird.

Am Schluss dieser Betrachtungen über das Blutplasma sei noch erwähnt, dass ausser dem Fibrinogengehalt noch andere Unterschiede zwischen Blutplasma und Blutserum existiren. Das Blutserum besitzt stärker alkalische Reaction als das Blutplasma, das Blutserum enthält weniger Mineralstoffe und mehr Globulinsubstanz als das Plasma. Das Mengenverhältniss zwischen Serumglobulin und Serumalbumin ist im Blutserum des Menschen ungefähr 1 : 1,5.

Der Gehalt des menschlichen Blutes an Plasma beträgt nach Hoppe-Seyler 67,90 %, darin sind 7,07 feste Bestandtheile und 60,83 Thle. Wasser enthalten (20, XV S. 181); die Menge der rothen Blutkörperchen beträgt 32,10 %.

Die chemische Zusammensetzung des foetalen Blutes lässt erkennen, dass dasselbe sich wie eine Mischung von Blut und Lymphe verhält. Die Menge der Blutkörperchen und demgemäss auch die des Hämoglobins ist geringer als beim Erwachsenen, hingegen sind die Mineralstoffe und besonders das Natrium vermehrt (Scherrenziss 152). Nach der Geburt steigt zunächst der Hämoglobingehalt schnell an, um dann wieder zu sinken, so dass das Blut im Säuglingsalter wässeriger ist als das der Erwachsenen. Der Blutfarbstoffgehalt erreicht im Alter von 25 bis 45 Jahren ein Maximum um dann mit zunehmendem Alter wieder zu sinken. Das Blut der Frauen ist wässeriger und ärmer an Blutkörperchen als das der Männer, in der späteren Zeit der Schwangerschaft ist eine Zunahme des Wassergehalts zu beobachten.

Lymphe und Chylus.

Die Lymphe und der Chylus haben dieselbe qualitative Zusammensetzung wie das Blutplasma, weichen aber in ihrer quantitativen Zusammensetzung von demselben ab. Sie enthalten dieselbe Menge anorganischer Substanzen, aber weniger Eiweissstoffe. Der Chylus ist reicher an Fett als die Lymphe. Analysirt man Lymphe verschiedener Herkunft, so findet man beträchtliche quantitative Abweichungen und man muss sogar annehmen, dass bei demselben Individuum die Lymphe zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenen Gefäss-Bezirken eine verschiedene ist. Die Lymphe enthält wie das Blutplasma Fibri-

nogen und vermag auch Fibrinferment zu bilden, aber die Menge dieser Stoffe ist meist eine geringe und aus diesem Grunde tritt nur eine langsame und oft geringe Fibrinbildung ein. Die folgende Analyse wurde von HENSEN und DÄHNHARDT an der aus einer Lymphfistel des Oberschenkels ergossenen Flüssigkeit angestellt (8, XXXVII S. 55 und 68).

In 1000 Gewichtstheilen

Wasser	987,7
Feste Stoffe	12,3
Eiweissstoffe	2,6
Fette, Cholesterin, Lecithin	0,03
Extractstoffe	1,28
Salze	8,38

In einer andern Portion Lymphe desselben Ursprungs wurden die Eiweisskörper einzeln bestimmt und es ergaben sich in 1000 Theilen:

Fibrin	1,070
Serumglobulin	0,894
Serumalbumin	1,408

Wenn man einem Individuum zugleich Blut und Lymphe oder Chylus entnimmt, so ist das Verhältniss zwischen Globulin und Albumin in den Flüssigkeiten stets das gleiche, mag auch die Gesammtmenge des Eiweisses verschieden sein (SALVIOLI, HOFFMANN 153).

Die anorganischen Salze bieten keine bemerkenswerthe Abweichung von denen des Blutplasmas.

Als Beispiel für die Zusammensetzung des Chylus führen wir die Ergebnisse einer Analyse von HOPPE-SEYLER an. Dieselbe wurde an einer Flüssigkeit ausgeführt, welche sich nach Zerreissung des Ductus thoracicus in der Peritonealhöhle angesammelt hatte (154).

In 1000 Theilen des Chylus wurden nach Abscheidung des Fibringerinnsels gefunden.

Wasser	940,724
Feste Stoffe	59,276
Darin Albuminstoffe	36,665
Cholesterin	1,321
Lecithin	0,829
Fette	7,226
Seifen	2,353
Alkoholextract	3,630
Wasserextract	0,578
Löslich anorg. Stoffe	6,804
Unlöslich anorg. Stoffe	0,350

Verzeichniss der Literatur,

soweit sie im Texte durch Zahlen citirt ist.

1) Archiv für mikroskopische Anatomie. Bonn, Cohen.

2) Internationale Monatsschrift für Anatomie und Physiologie. Leipzig, Thieme.

3) Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft. Jena, Fischer.

4) BOLLES LEE, A., et F. HENNEGUY, Traité des méthodes techniques de l'anatomie microscopique. Paris 1887, Doin.

5) Morphologisches Jahrbuch. Leipzig, Engelmann.

6) Archiv für die gesammte Physiologie. Bonn, Strauss.

7) Archiv für Anatomie und Entwickelungsgeschichte. Leipzig, Veit & Comp.

8) Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie und für klinische Medicin. Berlin, Reimer.

9) RANVIER, Traité technique d'Histologie. Paris, Savy.

10) Zeitschrift für Biologie. München, Oldenbourg.

11) Denkschriften der kaiserl. Akademie der Wissenschaften. Wien, Tempsky.

12) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Leipzig, Engelmann.

13) Archives italiennes de biologie. Turin, Loescher.

14) Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften. Wien, Tempsky.

15) Archiv für Anatomie und Physiologie, resp. MÜLLER's Archiv. Leipzig, Veit & Comp.

16) Anatomischer Anzeiger. Jena, Fischer.

17) Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel. Bd. XII. Basel 1874, Georg.

18) REINCKE und RODEWALD, Studien über das Protoplasma. Berlin 1881, Parey.

19) HOPPE-SEYLER, Physiologische Chemie. Berlin 1881, Hirschwald.

20) Zeitschrift für physiologische Chemie. Strassburg, Trübner.

21) KOSSEL, Untersuchungen über die Nucleïne und ihre Spaltungsproducte. Strassburg 1881, Trübner.

22) Botanische Zeitung 1881 p. 169; 1882, No. 37-39; 1883 p. 209; 1885, No. 17-19; 1887, No. 18-24. Leipzig, Felix.

23) HOPPE-SEYLER, Medic.-chemische Untersuchungen. Berlin 1871, Hirschwald.

24) DU BOIS-REYMOND, E., De fibrae muscularis reactione. Berolini 1859, Reimer.

Derselbe, Monatsbericht d. kgl. preuss. Akademie d. Wissenschaften zu Berlin 1859 p. 288. Berlin 1859, Dümmler.

Derselbe, Gesammelte Abhandlungen z. allg. Muskel- u. Nervenphysik. Bd. II p. 1. Leipzig 1887, Veit & Comp.

25) KÜHNE, Untersuchungen über das Protoplasma und die Contractilität. Leipzig 1864, Engelmann.

26) Journal of Physiology. Vol. VIII p. 133-202. Cambridge Engraving Co.

27) KRUKENBERG, Grundzüge einer vergleichenden Physiologie contractiler Gewebe. Heidelberg 1886, Winter.
28) MIESCHER-RÜSCH, Statistische und biologische Beiträge zur Kenntniss vom Leben des Rheinlachses. Separatabdruck a. d. Schweizer Literatursammlung zur internationalen Fischereiausstellung in Berlin.
29) Zeitschrift für klinische Medicin Bd. VI, p. 33-46. Berlin 1884, Hirschwald.
30) Handbuch der gesammten Augenheilkunde, redigirt von GRAEFE und SAEMISCH. Leipzig, Engelmann.
31) REMAK, Observationes anatomicae et microscopicae de systematis nervosi structura p. 2. Note 2. Berolini 1838, Reimer.
32) SCHULTZE, M., Observationes de cellularum fibrarumque nervearum structura. Bonner Universitätsprogramm 1868.
33) Sitzungsberichte der math. physik. Klasse der königl. bairischen Akademie der Wissenschaften zu München. München, Franz.
34) Bergens Museums Aarsberetning for 1886. Bergen, Grieg.
35) LEYDIG, Zelle und Gewebe. Bonn 1885, Strauss.
36) Verhandlungen der phys.-med. Gesellschaft zu Würzburg.
37) MERKEL, FR., Ueber die Endigungen der sensiblen Nerven in der Haut der Wirbelthiere. Rostock 1880, Schmidt.
38) Mittheilungen aus der zoologischen Station zu Neapel. Berlin, Friedländer & Sohn.
39) Biologiska föreningens förhandlingar (Verhandlungen des biologischen Vereins zu Stockholm). Aftonbladets Aktiebolags Tryckeri.
40) Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie. Braunschweig, Bruhn.
41) Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences. Paris, Gauthier-Villars & fils.
42) Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften. Berlin, Hirschwald.
43) Zeitschrift für Heilkunde. Prag, Tempsky.
44) Biologisches Centralblatt. Erlangen, Besold.
45) Untersuchungen aus dem anatomischen Institut zu Rostock. 1874.
46) Jahresberichte über die Fortschritte der Anatomie u. Physiologie von HOFMANN und SCHWALBE. Leipzig, Vogel.
47) Abhandlungen der sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, math.-phys. Classe. Leipzig, Hirzel.
48) Memorie della Reale Accademia delle Scienze di Torino. Torino, Stamperia reale.
49) LUDWIG, C., und F. SCHWEIGGER-SEIDEL, Die Lymphgefässe der Fascien und Sehnen. Leipzig 1872, Hirzel.
50) GRAEFE'S Archiv für Ophthalmologie. Leipzig, Engelmann.
51) Bollettino della Società di Naturalisti in Napoli.
52) Sitzungsberichte der phys.-med. Gesellschaft zu Würzburg. Würzburg, Stahel.
53) Memorie della Reale Accademia delle Scienze dell' Istituto di Bologna.
54) Sitzungsberichte der naturforschenden Gesellschaft in Leipzig. Leipzig, Engelmann.
55) Zoologischer Anzeiger. Leipzig, Engelmann.

56) Beiträge zur Biologie als Festgabe für Bischoff. Stuttgart 1882, Cotta.
57) Apolant, Ueber Faserknorpel. Dissertation. Berlin 1890, Walther & Apolant.
58) Schultze, M., De arteriarum notione, structura, constitutione chemica et vita. Dissertation. Gryphiae 1850, Koch.
59) Skandinavisches Archiv für Physiologie. Leipzig, Veit & Comp.
60) Journal of Anatomy and Physiology. London, Williams & Norgate.
61) Rheiner, Beiträge zur Histologie des Kehlkopfs. Würzburg 1862.
62) Jenaer Sitzungsberichte.
63) Zeitschrift für rationelle Medicin. Heidelberg, Winter.
64) Journal de la Physiologie de l'homme et des animaux. Paris, Masson.
65) Rauber, Elasticität und Festigkeit der Knochen. Leipzig 1876, Engelmann.
66) Untersuchungen aus dem physiologischen Institute zu Heidelberg. Heidelberg, Winter.
67) Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten. Berlin, Hirschwald.
68) Verhandlungen des naturh.-med. Vereins zu Heidelberg. N. F. Bd. 1, 1877.
69) Thudichum, Grundzüge der anatomischen und klinischen Chemie. Berlin 1886, Hirschwald.
70) Annalen der Chemie und Pharmacie. Bd. CXXXIV, p. 29. Heidelberg, Winter.
70 A) Gad und Heymans Archiv für Anatomie und Physiologie. Physiologische Abtheilung 1890. p. 530. Leipzig, Veit & Comp.
71) Journal für praktische Chemie (2) 24, p. 310. Leipzig, Barth.
72) Archiv für Anatomie und Physiologie. Physiologische Abtheilung. Suppl.-Band, 1887, p. 100. Leipzig, Veit & Comp.
73) Annalen der Chemie und Pharmacie. Bd. CIII p. 131. Heidelberg, Winter.
74) Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere, herausg. von Jacob Moleschott. Giessen, Roth.
75) Archiv für klinische Chirurgie. Berlin, Hirschwald.
76) Studien des physiologischen Instituts zu Breslau.
77) Hayem, Du sang et de ses altérations anatomiques. Paris 1889, Masson.
78) Quain's Anatomy. 9th Ed. London 1890, Longmans & Co.
79) Charité-Annalen. Berlin, Hirschwald.
80) Ziegler, Beiträge zur pathologischen Anatomie und zur allgemeinen Pathologie. Jena, Fischer.
81) Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig.
82) Extrait du Bulletin de l'Académie des sciences de Cracovie.
83) Schwalbe, G., Ueber die Kaliberverhältnisse der Nervenfasern. Leipzig 1882, Vogel.
84) Deutsche Zeitschrift für Chirurgie. Leipzig, Vogel.
85) Wagner's Handwörterbuch. Braunschweig 1842-1853, Vieweg & Sohn.
86) The New-Orleans medical and surgical Journal. January 1859.
87) Journal de micrographie. Paris, Pelletan.

88) Nederlandsch Tijdschrift voor Geneeskunde, 29. März 1889. Amsterdam, v. Rossen. — Citirt nach FLEMMING 1, XXXVII, p. 266.
89) Proceedings of the Royal Society. London, Harrison & Sons.
90) LEBOUCQ, Recherches sur le developpement des vaisseaux etc. Gand, 1876.
91) Handbuch der Physiologie, herausg. von HERMANN. Bd. IV, p. 80 ff. Leipzig 1880, Vogel.
92) Archiv der Heilkunde. Leipzig, Wigand.
93) Archives de Zoologie expérimentale et générale. Paris, Reinwald & Comp.
94) Fortschritte der Medicin. Berlin, Fischer.
95) REINECKE, W., Ueber Blutkörperchenzählungen. Dissertation. Halle 1889.
96) Rivista clinica di Bologna, 1874, p. 129-136.
97) Jahresbericht über d. Leistungen u. Fortschritte in d. ges. Medicin. Herausgegeben von R. VIRCHOW und A. HIRSCH. 9. Jahrg. Berlin 1874, Hirschwald.
98) Wiener medicinische Jahrbücher. Wien, Hölder.
99) Archives de Biologie. Gand., Clemm; Paris, Masson.
100) Untersuchungen aus dem pathologischen Institute zu Zürich. Herausgegeben von EBERTH.
101) Zeitschrift für Biologie. N. F. Bd. VIII p. 1 ff. München, Oldenbourg.
101 A) Annalen der Chemie Bd. XXI p. 277. Heidelberg, Winter.
101 B) Verhandlungen d. naturh.-med. Vereins zu Heidelberg Bd. I.
102) Skandinavisches Archiv für Physiologie. Bd. I, p. 210.
102 A) Archiv f. experim. Pathologie und Pharmakologie Bd. XXVIII p. 111. Leipzig, Vogel.
102 B) Ann. d. Chemie u. Pharmacie Bd. CXVII p. 111. Heidelberg, Winter.
103) Upsala läkareförenings förhandlingar XV, p. 434. Stockholm, Läkareföreningen.
104) Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie Bd. XX, p. 362 ff. Leipzig 1885, Vogel.
105) SCHLOSSBERGER, Chemie der Gewebe Bd. I p. 119. Heidelberg 1856, Winter.
106) SCHWALBE in Handbuch von GRAEFE-SAEMISCH Bd. I, p. 402. Leipzig, Engelmann; vergleiche auch CAHN, Zeitschrift für physiologische Chemie Bd. V, p. 224. Strassburg, Trübner.
107) HOPPE-SEYLER, F., De cartilaginis structura. Diss. Berolini 1850.
Derselbe. Lehrbuch der physiologischen Chemie p. 97. Berlin, Hirschwald.
107 A) v. BIBRA, Untersuchungen über die Knochen und Zähne des Menschen und der Wirbelthiere. Schweinfurt 1844, Kleinknecht.
108) Journal für praktische Chemie (2) Bd. VII p. 179. Leipzig 1811, Barth.
109) KÖLLIKER, Handbuch der Gewebelehre. 6. Aufl., p. 295. Leipzig, Engelmann.
109 A) Journal f. pract. Chemie (2) V S. 308, VI S. 169, IX S. 469, X S. 408. Leipzig, Barth.
110) Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft. Bd. XI, p. 1837. Berlin, Friedländer & Sohn.

111) J. v. Samson-Himmelstjerna, Ueber leukämisches Blut nebst Beobachtungen betr. die Entstehung des Fibrinferments. Inaug.-Diss. Dorpat 1885, Karow.

112) Journal of physiology Vol X, 1889, no. 6, p. 535. Cambridge Engraving Co.

113) Hoppe-Seyler, Med.-chem. Untersuchungen. p. 441. Berlin 1871, Hirschwald.

114) Kossel, Untersuchungen über die Nucleïne; p. 10. Strassburg 1881, Trübner.

115) Rauschenbach, F., Ueber die Wechselwirkungen zwischen Protoplasma und Blutplasma. Inaug.-Diss. Dorpat 1883, Schnakenburg.

116) Hoppe-Seyler, Med.-chem. Untersuchungen, p. 486. Berlin 1871, Hirschwald.

117) Deutsche medicinische Wochenschrift 1877, Nr. 8 u. 35. Leipzig, Thieme.

118) Ehrlich in der Abhandlung von Frerichs „Ueber den plötzlichen Tod u. s. w." Zeitschrift für klinische Medicin Bd. VI p. 40. Berlin 1883, Hirschwald.

119) Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft Bd. XVIII p. 397. Berlin 1885, Friedländer & Sohn.

119 A) Hoppe-Seyler, Medic.-chemische Untersuchungen S. 189-194. Berlin 1871, Hirschwald.

120) Beiträge zur Physiologie. Festschrift für C. Ludwig. p. 74. Leipzig 1887, Vogel.

121) Archiv für Anatomie und Physiologie; Physiol. Abth. 1890, p. 385.

122) Hoppe-Seyler. Med.-chem. Untersuchungen p. 378. Berlin 1871, Hirschwald.

123) Zeitschrift für Biologie Bd. XX p. 419. München 1884, Oldenbourg.

124) Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft Bd. XVIII p. 2267. Berlin 1884, Friedländer & Sohn.

125) Monatshefte für Chemie Bd. IX p. 115. Wien 1886, Tempsky: Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie Bd. XXIV p. 430. Leipzig, Vogel.

126) Journal of Physiology vol. VII p. 240. Cambridge Engraving Co.

127) Fortschritte der Medicin Bd. IV p. 21. Berlin 1888, Fischer.

128) Monatshefte für Chemie Bd. X p. 568. Wien 1887, Tempsky.

129) Hoppe-Seyler, Med.-chem. Untersuchungen p. 530. Berlin 1871, Hirschwald.

130) Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie Bd. XX p. 411. Leipzig, Vogel.

131) Denis, Nouvelles études chimiques, physiologiques et médicales sur les substances albuminoides. Paris 1856.

Denis: Mémoire sur le sang. Paris 1859.

132) Archiv f. d. gesammte Physiologie Bd. XXX p. 456 ff. Bonn, Strauss.

133) Hammarsten, Lehrbuch der physiologischen Chemie p. 49. Wiesbaden 1891, Bergmann.

134) Die Untersuchungen Alexander Schmidt's bis zum Jahre 1876 sind zusammengefasst in dem Buche: Alex. Schmidt, Die Lehre von den fermentativen Gerinnungserscheinungen. Dorpat 1876. (Leipzig, Koehler).

135) ARTHUS, MAURICE, Recherches sur la coagulation du sang. Thèses de Paris 1890.

136) Medicinische Jahrbücher 1886 pp. 46, 188, 259, 554. Wien, Braumüller; siehe auch LATSCHENBERGER, ebenda p. 479; Wiener medicinische Wochenschrift 1889 Nr. 40-41, Wien, Perles; und PH. STRAUCH, Controllversuche zur Gerinnungstheorie von E. FREUND. Inaug.-Diss. Dorpat 1889.

137) WOOLDRIDGE, Die Gerinnung des Blutes. Herausgegeben von M. v. FREY. Leipzig 1891, Veit & Comp.

138) TIEDEMANN und GMELIN, Die Verdauung Bd. I p. 184. Heidelberg 1826-27, Winter.

139) Mémoires de la société de biologie 1849, t. I p. 121.

CL. BERNARD, Leçons de Physiologie expérimentale 1855.

CL. BERNARD, Leçons sur le diabète et la glycogènie expérimentale. 1877.

140) SCHMIDT, C., Charakteristik der epidemischen Cholera. Dorpat 1850.

141) Berliner klinische Wochenschrift 1875, Nr. 51 u. 52. Berlin, Hirschwald.

142) Medicinische Jahrbücher 1875, Heft 3. Wien, Braumüller.

143) Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie Bd. VI p. 145. Leipzig, Vogel.

144) Archiv für Anatomie und Physiologie. Physiologische Abtheilung 1877 p. 413. Leipzig, Veit & Comp.

145) Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences t. CIII, 1886. Paris, Gauthier-Villars & fils.

146) BARRAL, E., Sur le sucre du sang. Paris 1890.

147) Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences t. CVI, 1890 (8 avril, 23 juin). Paris, Gauthier-Villars & fils.

148) Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie Bd. XIX p. 373. Leipzig, Vogel. — Zeitschrift für physiologische Chemie Bd. XIV p. 576. Strassburg 1889, Trübner.

149) Berichte der sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften v. 21. Juli 1875 p. 177. Leipzig, Hirzel.

150) BUNGE, Lehrbuch der physiologischen und pathologischen Chemie p. 218. Leipzig 1887, Vogel.

151) Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften 1878. Nr. 20. Berlin, Hirschwald.

152) SCHERRENZISS, D., Untersuchungen über das fötale Blut im Moment der Geburt. Inaug.-Diss. Dorpat 1888.

153) Archiv für Anatomie und Physiologie. Physiol. Abthlg. 1881 p. 268. Leipzig, Veit & Comp. — Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie Bd. XVI p. 133. Leipzig, Vogel.

154) HOPPE-SEYLER, Lehrbuch der physiologischen Chemie p. 597. Berlin 1881, Hirschwald.

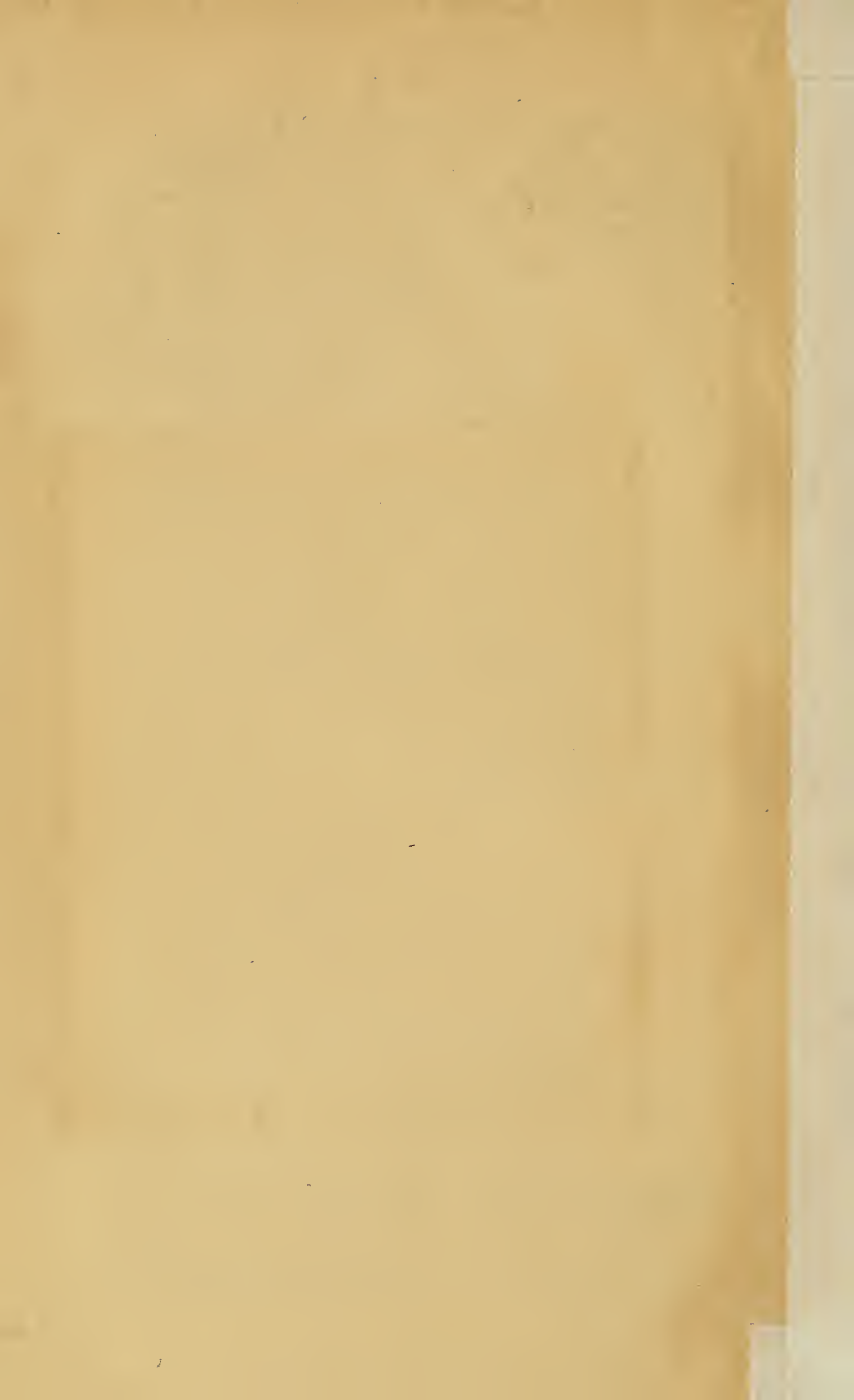
155) Zeitschrift für klinische Medicin. Berlin, Hirschwald.

156) Zeitschrift für physiologische Chemie. Strassburg, Trübner.

157) Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie. Leipzig, Vogel.

158) Centralblatt für Allgemeine Pathologie und pathologische Anatomie. Jena, Fischer.






QM551
Sch3
Schiefferdecker

